

**Processus national sur le changement climatique**

**TABLE DES PUIITS – RAPPORT SUR LES OPTIONS**

**Affectation des terres, changement d'affectation des terres et  
foresterie au Canada et le Protocole de Kyoto**

**23 septembre 1999**

## PRÉFACE

Dans le cadre du processus national du Canada après Kyoto, le Secrétariat national a recommandé que soient créées des tables de concertation chargées de questions particulières qui devraient recueillir les points de vue d'organisations non gouvernementales, de l'industrie, ainsi que des ministères fédéraux et provinciaux de tout le Canada. Le Secrétariat a défini un certain nombre de questions clés exigeant la création de tables de concertation, dont, mais sans s'y limiter : la modélisation et l'analyse, le transport, l'électricité, les échanges internationaux de droits d'émission, les crédits pour mesures hâtives, l'adaptation, la technologie, l'éducation et la sensibilisation du public, l'industrie, le secteur forestier, l'agriculture et les puits.

Le Protocole de Kyoto limite les types de puits qui peuvent être utilisés pour compenser les émissions, mais prévoit la possibilité de négociations sur les puits supplémentaires qui pourraient être utilisés pour honorer les engagements et de quelle manière. C'est pourquoi l'objectif premier visé avec la Table des puits était de déterminer l'état des connaissances, les lacunes et les problèmes entourant la complexe question des puits et des sources dans les domaines de la foresterie, de l'agriculture et d'autres utilisations des terres. Cette information est présentée dans le Document de base de la Table. En outre, la Table devait recommander un plan d'action pour faire en sorte que l'information et les analyses nécessaires soient disponibles pour appuyer la ratification et la mise en œuvre du Protocole de Kyoto.

Le présent Rapport sur les options de la Table des puits fait fond sur des études et analyses effectuées au cours des 15 derniers mois, ainsi que sur l'information présentée dans le Document de base de la Table, rédigé à l'automne de 1998. Étant donné que nombre d'incertitudes – tant analytiques que politiques – n'ont pas été levées, la Table n'a recommandé qu'un nombre limité de mesures immédiates de renforcement des puits, et préconise de réaliser d'autres études analytiques.

Le présent Rapport sur les options a été rédigé pour la Table des puits par Environnement Canada (Direction des données sur la pollution) avec la contribution du Service canadien des forêts de Ressources naturelles Canada et de plusieurs autres auteurs.

Bien qu'on ait tenté d'en arriver à un consensus de points de vue, les opinions exprimées ici ne sont pas nécessairement celles du gouvernement du Canada, non plus que des organismes ou ministères provinciaux représentés à la Table des puits.

## REMERCIEMENTS

Les co-présidents tiennent à souligner la participation et les efforts de tous les membres de la Table des puits, qui ont fourni sans compter temps, énergie et expertise. De plus, nous sommes particulièrement reconnaissants à certains membres de la Table du secteur forestier d'Environnement Canada et du Service canadien des forêts qui ont entrepris une grande partie des travaux de la Table et l'élaboration du présent document. Nous voulons en particulier exprimer notre chaleureuse reconnaissance à Marie Boehm, Darcie Booth, Pascale Collas, Muriel Constantineau, John Hastie, Henry Hengeveld, Tony Lemprière et Jim Patterson. Pascale Collas, d'Environnement Canada, s'est chargée de coordonner la rédaction du rapport; sans ses efforts et sa diligence, le rapport n'aurait pas vu le jour. Enfin, nous voulons remercier de leurs travaux les nombreux consultants, qui, comme nous tous, ont dû travailler avec des échéances extrêmement courtes.



## TABLE DES MATIÈRES

<b>SOMMAIRE .....</b>	<b>6</b>
<b>RECOMMANDATIONS .....</b>	<b>18</b>
<b>1. INTRODUCTION .....</b>	<b>21</b>
1.1 Mandat de la Table et portée du rapport sur les options .....	21
1.2 Difficultés et problèmes d'analyse.....	22
1.3 Liens avec d'autres tables nationales .....	22
<b>2. AFFECTATION DES TERRES, CHANGEMENT D'AFFECTATION DES TERRES ET FORESTERIE, ET LE PROTOCOLE DE KYOTO .....</b>	<b>24</b>
2.1 Contexte .....	24
2.2 Négociations internationales et considérations stratégiques .....	24
2.3 Collaboration pour la recherche et transfert d'information.....	27
<b>3. OPTIONS DE SÉQUESTRATION DU CARBONE PAR LA FORESTERIE ET LE CHANGEMENT D'AFFECTATION DES TERRES .....</b>	<b>28</b>
3.1 Introduction.....	29
3.2 Actuellement dans le protocole avec une définition certaine – le boisement.....	29
3.2.1 Questions d'analyse, incertitudes et hypothèses.....	31
3.2.2 Obstacles au boisement et considérations politiques.....	41
3.2.3 Intervention : Plantations d'essences à croissance rapide .....	48
3.2.4 Intervention : Plantations brise-vent dans les provinces des Prairies .....	50
3.2.5 Intervention : Plantations en blocs dans les provinces des Prairies.....	53
3.2.6 Intervention : Plantations en blocs en Colombie-Britannique .....	54
3.2.7 Intervention : Plantations en blocs dans l'est du Canada .....	56
3.2.8 Évaluation plus approfondie des interventions de boisement.....	58
3.3 Actuellement dans le protocole avec une définition très incertaine – le reboisement.....	61
3.3.1 Questions d'analyse et estimations « maintien du statu quo » .....	61
3.3.2 Modification des méthodes de reboisement pour augmenter la séquestration du carbone après la récolte.....	65
3.4 Actuellement dans le Protocole avec une définition modérément incertaine – le déboisement.....	69
3.4.1 Questions d'analyse .....	69
3.4.2 Contexte politique .....	74
3.5 Actuellement non visés par le Protocole : la forêt aménagée et le carbone stocké dans les produits forestiers .....	77
3.5.1 Questions d'analyse et incertitudes .....	78
3.5.2 Modification des pratiques d'aménagement forestier en vue d'accroître la séquestration du carbone dans la forêt aménagée .....	82
3.5.3 Protection contre le feu .....	87
3.5.4 Modification des produits forestiers pour augmenter les stocks de carbone totaux .....	91
3.5.5 Évaluation plus approfondie des forêts aménagées et du carbone dans les produits forestiers .....	91
3.6 Conclusions et recommandations.....	94
3.6.1 Recommandations concernant des mesures éventuelles.....	94
3.6.2 Recommandations concernant des travaux et études supplémentaires.....	96
<b>4. CATÉGORIE DES SOLS AGRICOLES : STRATÉGIES DE SÉQUESTRATION DU CO<sub>2</sub>.....</b>	<b>98</b>
4.1 Séquestration du carbone dans les sols .....	98
4.1.1 Questions analytiques et incertitudes .....	98
4.1.2 Résultats du modèle CENTURY .....	99
4.1.3 Stratégie d'amélioration – Pratiques de conservation sur les terres labourables .....	100
4.1.3.1 Description.....	100

4.1.3.2	Impact possible sur les gaz à effet de serre et les coûts .....	102
4.1.3.3	Obstacles à la mise en œuvre .....	103
4.1.4	Stratégie d'amélioration – Gestion des pâturages .....	104
4.1.4.1	Description .....	104
4.1.4.2	Impact sur les gaz à effet de serre et les coûts .....	106
4.1.4.3	Obstacles à la mise en œuvre .....	106
4.1.5	Stratégie de mise en œuvre – Conversion des terres labourables marginales en prairies de graminées vivaces .....	106
4.1.5.1	Description .....	106
4.1.5.2	Impact sur les gaz à effet de serre et les coûts .....	107
4.1.5.3	Obstacle à la mise en œuvre .....	107
4.1.6	Stratégie d'amélioration – Restauration des milieux humides .....	108
4.1.6.1	Description .....	108
4.1.6.2	Impact sur les gaz à effet de serre .....	109
4.1.6.3	Obstacles à la mise en œuvre .....	109
4.1.7	Autres considérations .....	109
4.1.7.1	Exigences en matière de politique .....	109
4.1.7.2	Implications socio-économiques et sur la compétitivité .....	109
4.1.7.3	Impacts sur l'environnement et la santé .....	110
4.1.7.4	Autres analyses et études nécessaires .....	110
4.1.7.5	Opinions des intervenants .....	110
4.1.8	Conclusions et recommandations .....	111
4.2	Potentiel de séquestration du carbone dans les sols dans d'autres pays .....	113
4.2.1	Introduction .....	113
4.2.2	Potentiel planétaire .....	113
4.2.3	Potentiel de puits des sols par pays clé .....	114
4.2.4	Impacts et obstacles économiques et environnementaux .....	116
4.2.5	Conclusions .....	116
5.	<b>MESURE, SURVEILLANCE ET VÉRIFICATION DES CHANGEMENTS DANS LES STOCKS DE CARBONE</b> .....	118
5.1	Contexte et considérations générales sur les besoins scientifiques .....	118
5.1.1	Besoins de données et d'inventaires .....	118
5.1.2	Priorités en matière de recherche pour les processus qui régissent la séquestration du carbone .....	119
5.2	Mesure, surveillance et vérification des stocks de carbone dans les forêts .....	119
5.2.1	Besoins de données .....	119
5.2.2	Principales composantes d'un système national de mesure, de surveillance et de vérification du carbone des forêts .....	121
5.2.3	Priorités de recherche pour les modèles de forêt utilisés aux fins de la déclaration .....	126
5.2.4	Conclusions, recommandations et prochaines étapes .....	127
5.3	Stocks de carbone dans les sols agricoles .....	128
5.3.1	Introduction .....	128
5.3.2	Options pour un système national de mesure, de surveillance et de vérification .....	129
5.3.2.1	Résumé des options .....	129
5.3.2.2	Options recommandées .....	131
5.3.3	Estimations préliminaires des coûts .....	134
5.3.4	Priorités en matière de recherche .....	134
5.3.5	Recommandations et prochaines étapes .....	135
6.	<b>CONSERVATION DES MILIEUX HUMIDES</b> .....	137
6.1	Introduction .....	137
6.2	Milieux humides naturels et zones riveraines : Sources et puits .....	138
6.2.1	Le cycle du carbone dans les écosystèmes palustres .....	138
6.2.2	Séquestration du carbone .....	139
6.2.3	Émissions de gaz à effet de serre .....	140

6.3	Impacts anthropiques sur les milieux humides, les zones riveraines et les zones sèches connexes – Implications pour les sources et les puits.....	141
6.3.1	Activités dans les paysages forestiers et agricoles qui influent directement ou indirectement sur la capacité de source ou de puits des milieux humides .....	141
6.3.2	Mesures visant à réduire les sources et à améliorer les capacités de puits des bassins de milieux humides, des zones riveraines et des zones sèches connexes.....	141
6.3.2.1	Besoins en matière de politiques.....	141
6.3.2.2	Besoins en matière de programmes.....	142
6.3.3	Un programme canadien d'implantation de cultures couvre-sol.....	142
6.3.4	Impacts du changement climatique sur les milieux humides .....	143
6.4	Mesure, vérification et modélisation des puits de carbone des milieux humides.....	143
6.4.1	Besoins en informations pour comprendre les bilans du carbone .....	143
6.4.2	État de la technologie permettant de mesurer et vérifier le stockage et les flux de carbone dans les milieux humides .....	144
6.4.3	Extrapolation à partir de sites individuels pour obtenir des valeurs régionales et nationales sur le carbone .....	144
6.4.4	Inventaires des milieux humides .....	144
6.4.5	Modélisation du cycle et du stockage du carbone dans les milieux humides.....	145
6.5	Priorités en matière d'information et de recherche .....	145
6.6	Conclusions et recommandations.....	146
7.	<b>SÉQUESTRATION DU CARBONE AUX TERMES DES MÉCANISMES DU PROTOCOLE DE KYOTO ET AUTRES MÉCANISMES DE CRÉDIT ET D'ÉCHANGE POSSIBLES.....</b>	<b>148</b>
7.1	Activités mises en œuvre conjointement et mécanismes de Kyoto .....	148
7.1.1	Contexte .....	148
7.1.2	Puits admissibles dans le cadre des mécanismes de Kyoto .....	149
7.2	Programmes possibles de crédits pour mesures hâtives et d'échange de droits d'émissions à l'échelle nationale.....	150
7.2.1	Crédits pour mesures hâtives.....	150
7.2.2	Échange national de réductions d'émission .....	151
7.2.3	Traitement des puits dans l'attribution de crédits pour mesures hâtives et l'application d'un système d'échanges à l'échelle nationale .....	151
7.3	Comptabilisation et méthodologie .....	152
7.3.1	Niveau de référence, fuite et permanence .....	152
7.3.2	Calcul/estimation et comptabilisation des stocks et des flux de carbone .....	153
7.4	Projets puits et développement durable.....	156
7.5	Conclusions et études de cas.....	157
8.	<b>CONCLUSION .....</b>	<b>163</b>
	<b>RÉFÉRENCES .....</b>	<b>167</b>
	<b>APPENDICES.....</b>	<b>175</b>
A -	Membres de la Table nationale des puits.....	175
B -	Études commandées par la Table des puits.....	178
C -	Taux de séquestration des terres cultivables avec réduction du travail du sol ou sans travail du sol et réduction des terres cultivables laissées en jachère dans les prairies .....	180
D -	Potentiel de séquestration du dioxyde de carbone dans les sols .....	181
E -	Unités* .....	182

## SOMMAIRE

### INTRODUCTION

La poursuite des négociations internationales et les incertitudes qui continuent d'entourer les questions d'affectation des terres, de changement d'affectation des terres et de foresterie (ATCATF) sont la raison première de la création de la Table des puits. Le Canada doit pouvoir estimer, avec un minimum de certitude, dans quelle mesure les activités d'affectation des terres, de changement d'affectation des terres et de foresterie présentement reconnues dans le Protocole de Kyoto et la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCCC-ONU), ainsi que d'autres activités, peuvent l'aider à atteindre ses objectifs de réduction des émissions.

On a d'abord demandé à la Table de déterminer l'état des connaissances, les lacunes et les défis liés à la question des puits biologiques dans leurs rapports avec la foresterie et l'agriculture, et avec d'autres secteurs qui pourraient être identifiés. Ensuite, la Table a été chargée de fournir des conseils et informations scientifiques aux gouvernements pour éclairer la prise de décisions sur la ratification et la mise en œuvre du Protocole de Kyoto quant aux puits. La Table n'a étudié que les puits de CO<sub>2</sub> et non les autres gaz à effet de serre, bien que ceux-ci soient également associés aux questions d'affectation des terres, de changement d'affectation des terres et de foresterie.

Le présent Rapport sur les options reflète les discussions et les connaissances actuelles sur les puits des membres des tables de consultation des puits, du secteur forestier et de l'agriculture et l'agroalimentaire; il est basé sur l'apport fourni par des experts des domaines de la foresterie, de l'agriculture et des milieux humides. Il a pour but d'élever le niveau de compréhension de la question des puits chez les intervenants et les décideurs du Canada, en leur fournissant un contexte technique et une information analytique, sans reprendre ce qui a déjà été couvert dans le document de base de la Table des puits. Les travaux de la Table, qui ont confirmé l'importance des puits pour le Canada, ont contribué significativement à alimenter les discussions chez divers groupes et acteurs de tout le pays.

### AFFECTATION DES TERRES, CHANGEMENT D'AFFECTATION DES TERRES ET FORESTERIE, ET LE PROTOCOLE DE KYOTO

La CCCC-ONU, adoptée en 1992, stipule que :

*« Chaque Partie... limitera ses émissions anthropiques de gaz à effet de serre et protégera et renforcera ses puits et réservoirs de gaz à effet de serre. »*

De plus, elle définit comme puits « tout processus, toute activité ou tout mécanisme, naturel ou artificiel, qui élimine de l'atmosphère un gaz à effet de serre, un aérosol ou un précurseur de gaz à effet de serre ». À l'heure actuelle, la photosynthèse — processus biologique naturel — est le seul processus pris en considération par la CCCC comme un puits extrayant le dioxyde de carbone de l'atmosphère. Cependant, les affectations des terres et les changements d'affectation des terres par l'homme peuvent aussi agir directement sur l'ampleur et la vitesse des échanges naturels de gaz à effet de serre (GES) entre les écosystèmes terrestres, l'atmosphère et l'océan. Vu l'influence dominante des forêts naturelles et des grandes superficies cultivées du Canada, la question des puits et l'inclusion de l'affectation des terres, du changement d'affectation des terres et de la foresterie est d'un intérêt particulier pour notre pays.

#### *Négociations internationales*

Les arguments en faveur de l'inclusion dans le Protocole de Kyoto des puits que sont l'affectation des terres, le changement d'affectation des terres et la foresterie découlent du fait que la CCCC-ONU les reconnaît, et que le meilleur incitatif pour protéger et renforcer les puits est de les intégrer dans une entente exécutoire.

---

## **IMPORTANT NOTE CONCERNING THE FOLLOWING PAGES**

**THE PAGES WHICH FOLLOW HAVE BEEN FILMED  
TWICE IN ORDER TO OBTAIN THE BEST  
REPRODUCTIVE QUALITY**

**USERS SHOULD CONSULT ALL THE PAGES  
REPRODUCED ON THE FICHE IN ORDER TO OBTAIN  
A COMPLETE READING OF THE TEXT.**

---

## **REMARQUE IMPORTANTE CONCERNANT LES PAGES QUI SUIVENT**

**LES PAGES SUIVANTES ONT ÉTÉ REPRODUITES EN  
DOUBLE AFIN D'AMÉLIORER LA QUALITÉ DE  
REPRODUCTION**

**LES UTILISATEURS DOIVENT CONSULTER TOUTES  
LES PAGES REPRODUITES SUR LA FICHE AFIN  
D'OBTENIR LA LECTURE DU TEXTE INTÉGRAL**



Le compromis du Protocole de Kyoto était une entente pour inclure certaines activités de changement d'affectation des terres et de foresterie, entreprises après 1990, qui influeraient sur les puits— soit le reboisement, le boisement et le déboisement (RBD). Celles-ci seraient ajoutées aux émissions brutes des Parties (ou en seraient soustraites) au moment d'évaluer la conformité sur la période 2008-2012, et seraient mesurées en tant que variations vérifiables des stocks de carbone. S'il survient entre 2008-2012 une augmentation des stocks de C due à des activités de RBD entreprises après 1990, la quantité moyenne d'extractions de C au cours de la période sera soustraite des émissions moyennes du Canada pour cette période. Inversement, si les stocks de C baissent pendant la période, la quantité sera ajoutée aux émissions du Canada pour la période 2008-2012. Selon la décision finale sur la façon dont les activités de RBD seront définies, leur contribution nette des RBD entreprises depuis 1990 pourrait équivaloir soit à une source ou soit à un puits.

Comme on l'a déjà noté, ce ne sont pas tous les puits qui sont actuellement inclus aux termes du Protocole de Kyoto. Cependant, l'article 3.4 du Protocole de Kyoto prévoit des négociations sur les activités anthropiques supplémentaires causant des émissions par les sources et des absorptions par les puits dans les forêts. Les règles actuelles visant les activités supplémentaires, et la manière dont on devrait en tenir compte, sont donc encore très floues et le resteront probablement au moins jusqu'à la sixième réunion de la Conférence des Parties (CdP), qui aura lieu au plus tôt à la fin de 2000. Les activités présentement examinées par le Canada et d'autres pays incluent l'approche de forêt aménagée, la séquestration du carbone dans les produits forestiers et les pratiques de séquestration dans les sols agricoles (dont la gestion des terres labourables et des pâturages, la conversion des terres marginales en prairies de graminées vivaces et la restauration des milieux humides).

#### *Intérêts stratégiques du Canada*

Selon les estimations de « maintien du statu quo », le Canada doit réduire ses émissions nettes de 140 à 180 Mt CO<sub>2</sub> par an sur la période 2008-2012 pour atteindre son objectif d'émissions aux termes du Protocole de Kyoto. Beaucoup de gens craignent que de tenter d'atteindre cet objectif par le seul biais de réduction des émissions n'aient des effets néfastes sur notre économie et notre compétitivité sur la scène internationale. Selon la manière dont les règles seront fixées pour le traitement des puits, les options de renforcement des puits pourraient être mises en œuvre à un coût inférieur (ou comparable) à celui des méthodes classiques de réduction des émissions. Pour réaliser ces intérêts stratégiques, cependant, il est impératif de mieux comprendre le potentiel de chaque activité puits.

Dans certains scénarios de négociation, l'inclusion des puits pourrait rendre l'atteinte des objectifs de Kyoto plus coûteuse. C'est pourquoi il est vital pour le Canada que soit bien comprise la contribution potentielle de l'affectation des terres, du changement d'affectation des terres et de la foresterie dans divers scénarios, que l'on préconise des règles internationales lui permettant de tirer le meilleur avantage des puits sur de solides bases scientifiques, et que l'on décourage l'adoption de règles et définitions qui restreindraient ou affecteraient indûment la souplesse offerte au Canada pour atteindre les engagements de Kyoto avec un bon rapport coût-efficacité.

Il est du meilleur intérêt du Canada de continuer à jouer un rôle important dans l'élaboration des modalités, règles et lignes directrices internationales pour la présentation de rapports sur le carbone séquestré aux termes du Protocole de

#### **La forêt de Kyoto - Perspective du Canada**

À l'heure actuelle, le Protocole de Kyoto ne prend pas en compte la totalité de la forêt canadienne, ni même une partie importante, comme la « forêt aménagée ». Il en inclut au contraire une fraction plus petite, dite « forêt de Kyoto ». C'est la superficie de forêt soumise à trois activités précises de foresterie — le reboisement, le boisement et le déboisement (RBD) — entreprises depuis 1990. Ainsi, les changements du carbone dans la totalité de la forêt canadienne n'interviennent pas dans les efforts du Canada pour atteindre son engagement de Kyoto.

Pour bien des pays, dont le Canada, la forêt de Kyoto ne représente qu'une petite partie des forêts aménagées actuelles. En limitant les activités pour exclure toutes les forêts qui ne font pas partie de la forêt de Kyoto, le Protocole est mal équilibré dans son traitement des sources et des puits et ne fournit donc pas de crédits ou d'incitatifs pour les bonnes pratiques de gestion forestière. Le Canada devra aussi rendre compte d'un important débit de carbone dû au déboisement. Il ne retirera qu'un petit crédit du boisement et du reboisement, car les arbres nouvellement plantés seront encore très jeunes au cours de la première période d'engagement (2008-2012).

Les actuels inventaires nationaux préparés selon les lignes directrices du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) ne reflètent pas les limites de la forêt de Kyoto. Il faudra donc élaborer de nouvelles méthodes d'inventariage pour prendre en compte les émissions ou absorptions nettes de la forêt de Kyoto, et les Parties visées à l'annexe I comme le Canada devront se doter d'une capacité institutionnelle pour recueillir les données nécessaires et appliquer ces méthodes.

Le compromis du Protocole de Kyoto était une entente pour inclure certaines activités de changement d'affectation des terres et de foresterie, entreprises après 1990, qui influeraient sur les puits— soit le reboisement, le boisement et le déboisement (RBD). Celles-ci seraient ajoutées aux émissions brutes des Parties (ou en seraient soustraites) au moment d'évaluer la conformité sur la période 2008-2012, et seraient mesurées en tant que variations vérifiables des stocks de carbone. S'il survient entre 2008-2012 une augmentation des stocks de C due à des activités de RBD entreprises après 1990, la quantité moyenne d'extractions de C au cours de la période sera soustraite des émissions moyennes du Canada pour cette période. Inversement, si les stocks de C baissent pendant la période, la quantité sera ajoutée aux émissions du Canada pour la période 2008-2012. Selon la décision finale sur la façon dont les activités de RBD seront définies, leur contribution nette des RBD entreprises depuis 1990 pourrait équivaloir soit à une source ou soit à un puits.

Comme on l'a déjà noté, ce ne sont pas tous les puits qui sont actuellement inclus aux termes du Protocole de Kyoto. Cependant, l'article 3.4 du Protocole de Kyoto prévoit des négociations sur les activités anthropiques supplémentaires causant des émissions par les sources et des absorptions par les puits dans les forêts. Les règles actuelles visant les activités supplémentaires, et la manière dont on devrait en tenir compte, sont donc encore très floues et le resteront probablement au moins jusqu'à la sixième réunion de la Conférence des Parties (CdP), qui aura lieu au plus tôt à la fin de 2000. Les activités présentement examinées par le Canada et d'autres pays incluent l'approche de forêt aménagée, la séquestration du carbone dans les produits forestiers et les pratiques de séquestration dans les sols agricoles (dont la gestion des terres labourables et des pâturages, la conversion des terres marginales en prairies de graminées vivaces et la restauration des milieux humides).

#### ***Intérêts stratégiques du Canada***

Selon les estimations de « maintien du statu quo », le Canada doit réduire ses émissions nettes de 140 à 180 Mt CO<sub>2</sub> par an sur la période 2008-2012 pour atteindre son objectif d'émissions aux termes du Protocole de Kyoto. Beaucoup de gens craignent que de tenter d'atteindre cet objectif par le seul biais de réduction des émissions n'aient des effets néfastes sur notre économie et notre compétitivité sur la scène internationale. Selon la manière dont les règles seront fixées pour le traitement des puits, les options de renforcement des puits pourraient être mises en œuvre à un coût inférieur (ou comparable) à celui des méthodes classiques de réduction des émissions. Pour réaliser ces intérêts stratégiques, cependant, il est impératif de mieux comprendre le potentiel de chaque activité puits.

Dans certains scénarios de négociation, l'inclusion des puits pourrait rendre l'atteinte des objectifs de Kyoto plus coûteuse. C'est pourquoi il est vital pour le Canada que soit bien comprise la contribution potentielle de l'affectation des terres, du changement d'affectation des terres et de la foresterie dans divers scénarios, que l'on préconise des règles internationales lui permettant de tirer le meilleur avantage des puits sur de solides bases scientifiques, et que l'on décourage l'adoption de règles et définitions qui restreindraient ou affecteraient indûment la souplesse offerte au Canada pour atteindre les engagements de Kyoto avec un bon rapport coût-efficacité.

Il est du meilleur intérêt du Canada de continuer à jouer un rôle important dans l'élaboration des modalités, règles et lignes directrices internationales pour la présentation de rapports sur le carbone séquestré aux termes du Protocole de

#### **La forêt de Kyoto - Perspective du Canada**

À l'heure actuelle, le Protocole de Kyoto ne prend pas en compte la totalité de la forêt canadienne, ni même une partie importante, comme la « forêt aménagée ». Il en inclut au contraire une fraction plus petite, dite « forêt de Kyoto ». C'est la superficie de forêt soumise à trois activités précises de foresterie — le reboisement, le boisement et le déboisement (RBD) — entreprises depuis 1990. Ainsi, les changements du carbone dans la totalité de la forêt canadienne n'interviennent pas dans les efforts du Canada pour atteindre son engagement de Kyoto.

Pour bien des pays, dont le Canada, la forêt de Kyoto ne représente qu'une petite partie des forêts aménagées actuelles. En limitant les activités pour exclure toutes les forêts qui ne font pas partie de la forêt de Kyoto, le Protocole est mal équilibré dans son traitement des sources et des puits et ne fournit donc pas de crédits ou d'incitatifs pour les bonnes pratiques de gestion forestière. Le Canada devra aussi rendre compte d'un important débit de carbone dû au déboisement. Il ne retirera qu'un petit crédit du boisement et du reboisement, car les arbres nouvellement plantés seront encore très jeunes au cours de la première période d'engagement (2008-2012).

Les actuels inventaires nationaux préparés selon les lignes directrices du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) ne reflètent pas les limites de la forêt de Kyoto. Il faudra donc élaborer de nouvelles méthodes d'inventaire pour prendre en compte les émissions ou absorptions nettes de la forêt de Kyoto, et les Parties visées à l'annexe I comme le Canada devront se doter d'une capacité institutionnelle pour recueillir les données nécessaires et appliquer ces méthodes.

Kyoto, et de faire en sorte que l'expertise canadienne soit disponible pour aider les futures négociations sur les puits du carbone dans le cadre du Protocole de Kyoto. Pour ce faire, les Canadiens doivent rechercher activement une collaboration avec d'autres pays en vue de développer les bases de données, les systèmes de surveillance et les modèles nécessaires pour la présentation de ces rapports, et devraient être des participants actifs des évaluations scientifiques internationales telles que celles menées par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC).

## **OPTIONS DE SÉQUESTRATION DU CARBONE DANS LES ACTIVITÉS DE FORESTERIE ET DE CHANGEMENT D'AFFECTATION DES TERRES**

À la lumière des travaux de la Table et des études menées depuis sa création, on dispose d'un certain nombre d'options quant aux activités de reboisement, boisement et déboisement qui peuvent être soumises aux ministres. Elles sont résumées ci-dessous. Ces options ont été élaborées en étroite coopération avec la Table du secteur forestier et sont conformes à celles qu'elle a présentées dans son document sur les options. En fait, le boisement est la seule option de séquestration pour laquelle la Table a effectué une analyse détaillée. Les informations concernant le reboisement et le déboisement ne sont disponibles que sous l'angle qualitatif. On trouvera toutes les recommandations immédiatement après le présent résumé.

### **Boisement**

Le terme « boisement » n'a pas encore été défini aux fins du Protocole de Kyoto, et il est peu probable qu'on en vienne à un accord international à ce sujet avant plusieurs années; il est cependant assez certain que les options envisagées ici seront applicables, quelle que soit l'issue des négociations. Parmi les définitions possibles du boisement :

1. « la plantation de nouvelles forêts sur des terres qui, historiquement, ne contenaient pas de forêts » (définition du GIEC); et
2. « un changement dans l'utilisation des sols qui, par l'établissement d'un peuplement forestier, forme une forêt » (définition de travail proposée par le Canada pour le rapport spécial du GIEC).

Parmi les mesures pour lesquelles la Table recommande une action immédiate figurent les programmes régionaux de boisement en espèces indigènes, les plantations à croissance rapide et l'augmentation de la plantation de brise-vent. En ce qui concerne les espèces à croissance rapide, un effort concerté visant à boiser 50 000 ha sur cinq ans (2001-2005) donnera 1,3 Mt CO<sub>2</sub> en 2010. La plantation de 793 000 ha sur 15 ans (2001-2015) d'espèces indigènes permettra de séquestrer 0,8 Mt CO<sub>2</sub> en 2010, quoique cette estimation comporte beaucoup d'incertitude quant à la croissance de l'arbre dans les premières décennies. Nous avons supposé que la plantation pourrait commencer dès 2001 à un niveau modéré, mais c'est une hypothèse optimiste qui ne saurait être atteinte que grâce à un effort immédiat et intensif. Cependant, reporter à 2002 ou 2003 réduit significativement la séquestration du carbone au cours de la première période d'engagement.

Sur la période 2000-2050, la séquestration du carbone se situe en moyenne à plus de 4 Mt CO<sub>2</sub> par an par la plantation d'essences classiques. En comparaison avec la plantation de superficies plus grandes en espèces indigènes, les plantations à croissance rapide ont un bien meilleur rapport coût-efficacité et permettent une séquestration significativement plus importante pendant la première période d'engagement. Sur une période plus longue, cependant, les plantations à croissance rapide ont un inconvénient, parce que les arbres ont des durées de vie beaucoup plus courtes. La séquestration annuelle du carbone par des essences classiques est substantiellement plus élevée après 20 ou 50 ans (2,9 Mt CO<sub>2</sub> en 2020 et 7,5 Mt CO<sub>2</sub> en 2050) que dans la première période d'engagement (0,8 Mt CO<sub>2</sub> en 2010); il faudrait donc prendre en compte les taux de séquestration à long terme.

Un des principaux défis des efforts de boisement au Canada est la complexité et la difficulté de convaincre des milliers de propriétaires individuels de boiser leurs terres agricoles marginales et autres terres. L'engagement va probablement évoluer lentement au début, à mesure que les programmes et politiques sont mis en place, que les mécanismes de financement sont élaborés, que les propriétaires et autres découvrent les possibilités, que les avis techniques sont développés et mis à disposition, que les règles de comptabilisation du carbone sont élaborées et que des plants sont disponibles dans les pépinières. Il est peu probable que la plantation commence avant 2002 ou 2003 dans certaines régions, vu le temps requis pour rallier la participation des propriétaires.



Il n'est pas facile de déterminer les taux probables de participation au boisement, car l'opération exige une évaluation des coûts et des bénéfices initiaux pour les propriétaires (p. ex. paiements pour les servitudes de conservation), des coûts et bénéfices futurs, et de leurs préférences et objectifs personnels quant aux utilisations actuelles et futures des terres. On prévoit que les coûts initiaux du boisement seront relativement élevés, considérant les cibles de boisement en termes de superficie, et les caractéristiques des terres et des propriétaires susceptibles d'être impliqués. Les incitatifs que demanderont les propriétaires seront non seulement d'ordre financier, mais pourraient inclure une assistance et des informations techniques sur les avantages du boisement de leurs terres. La participation d'autres acteurs intéressés par les bénéfices (p. ex. les produits forestiers) est aussi probable. Viser à atteindre des buts autres que la seule séquestration du carbone — comme des objectifs environnementaux ou d'aménagement des terres — pourrait être l'approche la plus fructueuse au développement de programmes de boisement. Le boisement peut sembler coûteux par rapport à d'autres actions qui pourraient être prises dans le court à moyen terme. Elle se révélera cependant bénéfique à plus long terme, mais seulement si les mesures sont mises en œuvre dès maintenant.

Les actions de boisement proposées par la Table des puits sont résumées au tableau S.1, où seuls les coûts directs de plantation et d'entretien sont estimés. Les coûts et bénéfices potentiels qui n'ont pas été pris en compte sont les suivants : coûts de protection des forêts, coûts des programmes de boisement; recettes nettes de la récolte ou de l'utilisation de peuplements à maturité; coûts de surveillance, de mesure et de vérification du carbone; et valeur potentielle des crédits de carbone.

Tableau S.1

<i>Description de l'initiative</i>	<i>Échéancier de plantation</i>	<i>Séquestration du CO<sub>2</sub></i>	<i>Coûts (dollars de 1997)</i>	<i>Rapport coût-efficacité</i>
<i>Plantation de 50 000 ha d'une essence à croissance rapide sur des terres privées dans tout le Canada</i>	10 000 ha/an 2001 à 2005	1,31 Mt CO <sub>2</sub> d'ici 2010 <sup>1</sup>	~141 millions de dollars en coûts de plantation et de renonciation	22,20 \$/t CO <sub>2</sub> sur la période 2008-2012
<i>Plantation de brise-vent sur des terres privées dans les Prairies<sup>2</sup></i>	13 000 ha/an 2001 à 2015	0,15 Mt CO <sub>2</sub> en 2010, soit une moyenne de 0,58 Mt CO <sub>2</sub> par an entre 2000 et 2050	~107 millions de dollars en coûts de plantation et de renonciation	140,7 \$/t CO <sub>2</sub> sur la période 2008-2012 3,70 \$/t CO <sub>2</sub> sur la période 2000-2050
<i>Plantation en blocs sur des terres privées dans les Prairies</i>	20 000 ha/an 2001 à 2015	0,37 Mt CO <sub>2</sub> en 2010, soit une moyenne de 1,43 Mt CO <sub>2</sub> par an entre 2000 et 2050	~214 millions de dollars en coûts de plantation et de renonciation	114 \$/t CO <sub>2</sub> sur la période 2008-2012 3 \$/t CO <sub>2</sub> sur la période 2000-2050
<i>Plantation en blocs sur des terres privées en Colombie-Britannique</i>	13 000 ha/an 2001 à 2015	0,15 Mt CO <sub>2</sub> en 2010, soit une moyenne de 0,70 Mt CO <sub>2</sub> par an entre 2000 et 2050	~85 millions de dollars en coûts de plantation et de renonciation	452,5 \$/t CO <sub>2</sub> sur la période 2008-2012 2,40 \$/t CO <sub>2</sub> sur la période 2000-2050
<i>Plantation en blocs sur des terres privées dans l'est du Canada</i>	15 000 ha/an 2001 à 2015	0,22 Mt CO <sub>2</sub> en 2010, soit une moyenne de 1,37 Mt CO <sub>2</sub> par an entre 2000 et 2050	~157 millions de dollars en coûts de plantation et de renonciation	144,9 \$/t CO <sub>2</sub> sur la période 2008-2012 2,30 \$/t CO <sub>2</sub> sur la période 2000-2050
<b>Total</b>		<b>2,2 Mt CO<sub>2</sub> en 2010</b>	<b>~704 millions de dollars en coûts de plantation et de renonciation</b>	<b>Non applicable</b>

**Notes :**

<sup>1</sup> La récolte des plantations à croissance rapide commencera soit à la fin de la première période d'engagement, soit juste après (2012 à 2015), ce qui soulève la question de l'horizon temporel des crédits de carbone et des débits éventuels qui pourraient annuler certains des crédits dès le début de la deuxième période d'engagement.

<sup>2</sup> Cette action fait fond sur l'intérêt actuel et les programmes d'encouragement des brise-vent qui existent depuis plusieurs dizaines d'années dans les Prairies, à des fins de conservation du sol et comme coupe-vent pour les cours de fermes, la plus grande partie de la plantation étant appuyée par l'Administration du rétablissement agricole des Prairies (ARAP).

**Reboisement**

Les limites des données et les contraintes de temps n'ont pas permis à la Table d'élaborer des estimations de la séquestration du CO<sub>2</sub> et du rapport coût-efficacité des activités de reboisement. De plus, il y a à l'heure actuelle un débat politique et scientifique sur la définition du reboisement, qui fait encore l'objet de négociations internationales aux termes du Protocole de Kyoto. Il y a deux interprétations très différentes, qui peuvent avoir un impact critique sur les estimations du potentiel futur. Les lignes directrices du GIEC pour les inventaires des émissions de gaz à effet de serre définissent en substance le reboisement comme la « *plantation de forêts sur des terres qui ont autrefois porté des forêts, mais ont été converties à un autre usage* ». Le Programme de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture définit le reboisement comme l'établissement d'une plantation d'arbres sur des terres forestières. En outre, le Canada a proposé une définition de travail du reboisement : « *une pratique d'affectation des terres qui, via le rétablissement d'un peuplement d'arbres, forme une forêt* ». La question clé est de déterminer si le rétablissement d'arbres après la récolte (c.-à-d. la régénération) est comprise dans le reboisement aux termes du Protocole.

Si la définition du GIEC est adoptée, il n'y a essentiellement aucune activité de « foresterie » de couverte aux termes de l'article 3.3. du Protocole, qui parle d'« activités humaines directes de changement d'affectation des terres et de foresterie et limitées au boisement, au reboisement et au déboisement ». Le reboisement sera en fait un nouveau boisement, puisque la plupart des régions du Canada qui se prêtent actuellement à la plantation d'arbres étaient « autrefois » boisées.

Si c'est la définition de la FAO qui est adoptée (c.-à-d. la régénération après la récolte), alors les estimations canadiennes de reboisement de « maintien du statu quo » obtenues par les Tables pour 2010 sont situées dans une plage de -2 (source) à 13 (puits) Mt CO<sub>2</sub> par an, selon les composantes du stock de carbone (dans le premier cas, on inclut toute la biomasse aérienne et souterraine, et le sol lui-même; dans le second, on n'inclut que la biomasse aérienne). Les composantes des stocks de C qui seront comptées sont des éléments critiques, puisqu'il apparaît que les changements du C de la biomasse souterraine et du sol rendent la zone une source nette pendant 10 à 20 ans après la récolte.

Avec la définition « régénération après récolte », deux éléments de stratégies de régénération pourraient accroître le potentiel de séquestration : la sélection des essences et la gestion de la densité. Alors que les lignes directrices et recherches actuelles sont axées sur la maximisation des volumes commerciaux à la récolte, certaines recherches indiquent que des gains significatifs de biomasse pourraient être réalisés grâce à de telles modifications des modes de plantation ou d'espacement.

Outre la sélection des essences et la gestion de la densité, on peut aussi accroître la séquestration du carbone par une augmentation de la plantation au lieu de la régénération naturelle et du semis après récolte. À l'heure actuelle, les forêts du Canada sont rétablies après la récolte par plantation (45 %), ensemencement (5 %) ou régénération naturelle (50 %). Dans le cas de la plantation, les arbres atteignent généralement la maturité 10 à 13 ans plus tôt que dans les peuplements régénérés naturellement. La plantation offre aussi la possibilité d'utiliser des plants génétiquement améliorés ou, en prévision de plages de température différentes en raison du changement climatique, des essences mieux adaptées à l'endroit.

Dans l'ensemble, il est dans l'intérêt du Canada d'anticiper les négociations internationales à venir aux termes du Protocole de Kyoto et d'examiner les options possibles d'accroissement de la séquestration par le reboisement.

### **Déboisement**

Les négociations internationales sur la définition et l'interprétation du déboisement pour les fins du Protocole de Kyoto seront un important facteur déterminant des types d'activité de déboisement qui seront comptées comme sources d'émissions de CO<sub>2</sub>. Le Secrétariat de la CCCC-ONU a avancé que le déboisement pourrait être défini comme la « *conversion de terres forestières à d'autres affectations* ». Les raffinements de cette définition qui ont été proposés portent à se demander si la définition devrait être basée sur l'affectation des terres ou sur la couverture végétale.

Le Canada a proposé au GIEC une définition de travail du déboisement : « *un changement d'affectation des terres qui élimine une forêt* ». Cette définition inclurait la conversion de forêts pour des changements permanents d'affectation, comme l'agriculture et le pâturage, et l'installation d'infrastructures permanentes, comme des routes. Cependant, elle exclurait les zones qui ne modifient pas l'affectation des terres, comme la construction de route d'accès pour l'aménagement de la forêt. Comme dans le cas des autres activités d'ATCATF, on ne pourra peut-être pas en arriver à aucune entente internationale sur la définition du déboisement avant la CdP6 ou plus tard.

Le déboisement effectué au cours de la première période d'engagement (2008-2012) sera compté comme une *source* d'émissions de CO<sub>2</sub>. Comme tel, le déboisement est un élément de passif, dans le sens où les émissions dues au déboisement vont faire passer au-dessus du niveau de référence de 1990 le niveau général des émissions du Canada dans le scénario de maintien du statu quo. Il est critique de comprendre que même un faible déboisement peut être significatif, car les débits sont relativement « immédiats », et ne peuvent pas facilement être compensés par des crédits recueillis par boisement ou reboisement.

Au Canada, on ne dispose que d'information limitée sur l'étendue et l'emplacement actuels et récents (depuis 1990) du déboisement, car cette information n'est pas explicitement surveillée par les organismes fédéraux ou provinciaux. On estime que les principaux secteurs du Canada (agriculture, foresterie, urbanisation, transport, loisirs, exploitations minière et pétrolière, et industrie de l'électricité) totalisent entre 9 et 14 Mt de pertes de CO<sub>2</sub> dues au déboisement. De ces secteurs, ce sont la foresterie (4 Mt) et l'agriculture (2 à 6 Mt) qui contribuent le plus au déboisement, dans une mesure qui dépend de la définition adoptée. D'autres estimations indiquent une plage de 3 à 19 Mt CO<sub>2</sub> pour le déboisement annuel total. Ces estimations n'incluent que la biomasse aérienne. Il est cependant peu probable que toutes ces activités soient couvertes par la définition du déboisement qui sera négociée aux fins du Protocole de Kyoto.

L'identification de politiques visant à réduire le déboisement sera un élément important de la stratégie globale du Canada face au changement climatique. Les politiques devront être mises dans la balance avec d'autres objectifs économiques et sociaux (p. ex. le développement économique régional et l'emploi). Il faudra évaluer un éventail d'options de politiques (p. ex. dégrèvements fiscaux, aide financière, réglementation, éducation et promotion) pour déterminer la combinaison la plus rentable de mesures volontaires et/ou non volontaires de réduction du déboisement.

On manque actuellement d'informations critiques sur le déboisement. Les analyses à effectuer concerneront les informations sur les caractéristiques spatiales et temporelles des forêts qui sont déboisées, et le rejet de carbone qui s'ensuit. Les estimations du déboisement peuvent être améliorées par des recherches supplémentaires, par exemple en utilisant des technologies de télédétection combinées à des enquêtes statistiques. Il faudra aussi effectuer de nouvelles recherches sur la conception et la mise en oeuvre de politiques efficaces de réduction du déboisement, vu la diversité des activités et des sources des différents secteurs qui contribuent actuellement au déboisement au Canada. Il sera crucial, pour honorer les engagements de réduction des émissions du Canada aux termes du Protocole de Kyoto, d'élaborer des politiques visant à réduire le déboisement sans limiter indûment les activités normales de développement, ainsi que des outils de mesure pour suivre l'évolution des activités de déboisement et faire rapport sur les émissions de CO<sub>2</sub> qui leur sont associées.

### **Autres activités de gestion des forêts et la forêt aménagée**

En application de l'article 3.4 du Protocole de Kyoto (dispositions prévoyant des négociations sur les activités anthropiques supplémentaires causant des émissions par les sources et des absorptions par les puits dans les forêts), diverses activités d'aménagement forestier ont été proposées, qui pourraient renforcer les puits de carbone forestiers. Ce sont entre autres l'éclaircissement, la fertilisation, la protection contre les incendies et les ravageurs, et une

réduction du temps de régénération par le biais de la plantation et de l'ensemencement. Toutefois, une augmentation du nombre d'activités acceptées aux termes du Protocole compliquerait la méthodologie permettant de rendre compte de variations vérifiables des stocks de carbone qui pourraient être attribuées à ces activités particulières. En outre, l'impact de ces pratiques d'aménagement est à la fois propre à l'essence et propre au site, de sorte qu'aucune stratégie ne pourrait convenir à tous les types de forêts, ni à tous les pays ou régions.

La protection contre les feux ne sera probablement pas considérée comme une activité supplémentaire de foresterie aux fins du Protocole et ce pour diverses raisons, dont les questions de méthodologie. Les impacts des feux sont hautement variables d'une année à l'autre, et accepter la responsabilité de la protection pourrait signifier courir le risque de pertes majeures de carbone pendant les années où les incendies sont nombreux, ce qui risque de devenir plus courant avec le changement climatique projeté.

Une autre approche est celle dite de la « forêt aménagée », où l'on fait une comptabilisation complète des changements des stocks de carbone sur la zone en question, sans distinction des diverses pratiques de gestion. L'approche de forêt aménagée va dans le sens d'un encouragement à protéger et renforcer les puits et réservoirs de carbone, un objectif clé de la Convention-cadre sur les changements climatiques. De plus, elle serait plus équilibrée que les dispositions actuelles du Protocole de Kyoto (c.-à-d. RBD), pour ce qui est de prendre en compte l'absorption par les puits et les émissions par les sources et apporterait des bénéfices supplémentaires (p. ex. emploi, croissance de la forêt et avantages environnementaux).

Les principales incertitudes d'une approche de « forêt aménagée », cependant, sont entre autres la définition et l'étendue de la « forêt aménagée », les règles de comptabilisation, et les méthodologies de mesure et de vérification (p. ex. vérification au sol par opposition à modélisation). La définition de la forêt aménagée du Canada peut avoir des conséquences très importantes, avec des estimations actuelles allant d'environ 30 à 55 % des quelques 417 millions d'hectares de forêt du Canada.

En outre, le Canada a un régime de perturbation naturelle (incendies, ravageurs, etc.) plus élevé que celui de la plupart des pays et ses forêts, dans l'ensemble, sont considérées comme une source nette de CO<sub>2</sub>. Comme le Protocole de Kyoto ne vise que les émissions anthropiques, les émissions dues aux perturbations naturelles ne sont actuellement pas prises en compte dans l'objectif d'émissions du Canada. On ne sait pas clairement comment seraient traitées les émissions dues aux incendies dans la forêt aménagée si le Protocole adoptait l'approche de la « forêt aménagée ».

Qui plus est, l'absence d'information à grande échelle et nationalement acceptée sur la croissance et le rendement pose un problème pour l'estimation des gains potentiels offerts par la forêt aménagée aux termes du Protocole. Il faudra donc effectuer d'autres analyses de cette approche, et les négociations devraient être menées avec prudence jusqu'à ce que les impacts nets pour le Canada en soient déterminés.

Si l'approche de forêt aménagée était incluse dans le Protocole au lieu de (ou en plus de) l'approche RBD, le carbone stocké dans les produits forestiers devrait aussi être pris en compte. À l'heure actuelle, les industries forestières étrangères appuient activement l'inclusion des forêts et produits forestiers existants dans la comptabilisation du carbone aux fins de l'atteinte des objectifs de Kyoto. Des mesures pourraient être prises pour affecter spécifiquement les stocks de carbone des produits forestiers. Ce sont les règles et systèmes de mesure et de comptabilisation qui détermineront si le Canada tirera ou non des bénéfices d'augmenter les réserves de carbone des produits forestiers, vu son orientation vers l'exportation.

## STRATÉGIES DE SÉQUESTRATION DU CARBONE PAR LES SOLS AGRICOLES

Les sols agricoles ne sont actuellement pas pris en compte dans le Protocole de Kyoto et nombre de pays ne sont pas encore favorables à leur inclusion. Cet état de choses tient probablement à un manque de confiance dans les estimations et aux incertitudes qui les entachent, et au fait que des Parties — n'étant pas sûres de l'état de leurs sols — n'ont pas fait rapport à ce sujet. Les Parties ne sont pas toutes convaincues qu'ils devraient être inclus en vue des objectifs de Kyoto. Pour certaines, il reste très douteux que les Parties puissent mesurer et surveiller des « variations vérifiables des stocks de carbone » des sols.



Cependant, vu son importance comme indicateur clé de la qualité du sol, la mesure du carbone dans les sols agricoles est pratiquée couramment depuis de nombreuses années. La Table des puits, tout comme des experts en carbone du sol des États-Unis, du Canada et d'ailleurs, est convaincue qu'il est faisable d'avoir des systèmes vérifiables de surveillance et de déclaration pour l'agriculture et qu'il ne faudrait pas y voir des obstacles insurmontables à une acceptation plus vaste des puits agricoles du carbone.

Les pays où le potentiel de séquestration du carbone par mise en œuvre des meilleures pratiques de gestion du sol est le plus élevé sont, dans l'ordre, les États-Unis, la Chine, l'Inde, la Fédération russe, l'Australie et le Brésil (potentiel pour tous supérieur à 90 Mt CO<sub>2</sub>/an). Ce chiffre inclut toutes les pratiques sur toutes les terres agricoles, y compris les terres dégradées, la maîtrise de l'irrigation, etc. Le potentiel des États-Unis représente de 275 à 760 Mt CO<sub>2</sub>/an pour 2010, surtout par le biais d'un travail du sol visant la conservation et de la gestion des résidus. On a aussi constaté que, pour la plupart des pays en développement avec des émissions relativement basses, les puits de C pourraient compenser de 20 % à plus de 100 % des émissions industrielles, mais ce potentiel dépend beaucoup du taux de participation. En faisant connaître aux pays le potentiel de séquestration offert par leurs terres, on pourrait rallier un appui à l'inclusion des puits des sols dans le Protocole.

Parmi les stratégies de renforcement qui pourraient être mises en œuvre pour réaliser le potentiel de puits de carbone des sols agricoles du Canada figurent les pratiques de conservation sur les terres labourables (p. ex. travail réduit ou nul, et réduction de la jachère), la gestion des pâturages, la conversion des terres marginales en prairies de graminées vivaces et la conservation des zones riveraines de milieux humides.

En utilisant les prévisions du modèle CENTURY, il a été prévu que les terres agricoles labourables du Canada passeront d'une *source nette* de 1,6 Mt CO<sub>2</sub> (estimation de 1996) à un *puits net* de 1,6 Mt CO<sub>2</sub> d'ici 2010, si les tendances actuelles des pratiques agricoles, comme l'adoption de la culture sans travail du sol, se maintiennent sans incitatifs supplémentaires. Des travaux sont en cours pour raffiner et améliorer la fiabilité du modèle CENTURY en corrigeant certaines de ses faiblesses.

On a obtenu divers résultats, basés sur les jugements d'experts, quant aux taux potentiels annuels de séquestration associés à chacune des quatre grandes stratégies de renforcement des puits des sols agricoles, résultats qui sont résumés au tableau S.2, à la page suivante.

**Tableau S.2 : Résumé des potentiels de séquestration par les sols agricoles pour diverses pratiques**

Stratégie	Taux annuel de séquestration		Coût \$/tonne CO <sub>2</sub> Plage (moyenne) *
	2008-2012 Mt CO <sub>2</sub>	2013-2017 Mt CO <sub>2</sub>	
1. Pratiques de conservation sur les terres en culture	18,3	18,1	0,60-6,33 (4,26)
2. Gestion des pâturages	0,7	2,5	8-10 (9)
3. Conversion des terres marginales en prairies de graminées	2,2	2,2	3,35
4. Restauration des milieux humides	2,9	2,9	n.d.
<b>Total :</b>	<b>24,1</b>	<b>25,7</b>	<b>n.d.</b>

\* Les chiffres des coûts, qui sont une compilation d'information très éparse, ne sont donnés qu'à titre indicatif.  
n.d. – non disponible

C'est la première stratégie de renforcement – encouragement des pratiques de conservation sur les terres en culture, dont la culture sans travail du sol et la réduction de la jachère classique – qui offre le plus grand potentiel au cours à la fois de la première et de la deuxième périodes d'engagement. De plus, elle pourrait être une des stratégies présentant le meilleur rapport coût-efficacité. Son potentiel tient au fait que des producteurs novateurs ont déjà adopté ces pratiques de conservation.

Les chiffres ci-dessus sont probablement une surestimation du potentiel de séquestration réel, même avec des taux d'adoption identiques, puisqu'ils représentent un potentiel de séquestration « brut ». D'autres terres labourables qui ne seraient pas l'objet de pratiques de conservation pourraient bien être des sources de CO<sub>2</sub> (p. ex. travail du sol

classique et autres pratiques). Les augmentations ou diminutions des émissions de  $\text{CH}_4$  et de  $\text{N}_2\text{O}$  qui pourraient en découler doivent aussi être prises en compte dans l'équation et il faudra effectuer des travaux supplémentaires en ce sens. En fait, la séquestration sur les terres labourables pourrait se situer *grosso modo* entre 2 et 18 Mt  $\text{CO}_2$  pour la première période d'engagement, si les projections de CENTURY pour 2010 (1,6 Mt  $\text{CO}_2$  par an) sont incluses dans l'éventail des estimations.

Pour ce qui est de la gestion des pâturages, elle inclut des pratiques telles que la fertilisation des pâturages et la gestion du pâturage intensif. Les possibilités de séquestration des 4,3 millions d'hectares de pâturages du Canada sont évaluées à 0,7 et 1,0 Mt  $\text{CO}_2$  par an pour la première et la deuxième périodes d'engagement, respectivement. Les programmes actuels, qui encouragent de meilleures méthodes de gestion des pâturages, sont menés par les gouvernements provinciaux, en collaboration avec les clubs locaux et associations provinciales d'éleveurs.

La conversion de terres marginales en prairies de graminées vivaces inclut des terres récemment converties dans le cadre du Programme d'établissement d'une couverture végétale permanente du fédéral (prairies « existantes »), et une superficie équivalente, qui devrait être convertie dans le futur (prairies « nouvelles »). Ce genre de pratiques pourrait séquestrer jusqu'à 2,2 millions de tonnes de  $\text{CO}_2$  par an pendant la première et la deuxième périodes d'engagement. Il faudrait pour cela un taux d'adoption de 50 000 ha par an pendant 10 ans pour une base d'environ 500 000 ha de terres marginales déjà converties en prairies.

La mise en valeur des milieux humides par la restauration des rives (zone riveraine) autour des étangs des Prairies est assimilable à une conversion de terres marginales en terres à végétation permanente. Canards Illimités estime que l'on pourrait restaurer jusqu'à un million d'hectares de zone riveraine dans les Prairies. On aurait ainsi la possibilité de séquestrer 2,9 Mt  $\text{CO}_2$  par an sur la première et la deuxième périodes d'engagement, en supposant un taux d'adoption de 100 000 hectares par an sur 10 ans.

La séquestration par les sols agricoles pourrait se traduire, pour les producteurs, par une augmentation des recettes, et éventuellement une réduction des coûts d'intrants en raison de la baisse d'utilisation de combustibles, et d'une utilisation plus efficace des engrais. Les pratiques de conservation des sols agricoles permettent d'avoir un sol plus sain, plus productif et moins sujet à l'érosion par le vent ou l'eau, ainsi que des agroécosystèmes et un environnement plus durables.

La Table des puits a travaillé en étroite collaboration avec la Table de l'agriculture et elles ont mis en commun l'information pertinente. On produira une annexe au Rapport sur les options de la Table des puits, où seront intégrés les résultats de la modélisation des scénarios de séquestration effectuée par la Table de l'agriculture.

## MESURE, SURVEILLANCE ET VÉRIFICATION DES VARIATIONS DES STOCKS DE CARBONE

L'article 3 du Protocole de Kyoto souligne que les rapports nationaux sur les émissions par les sources et l'absorption par les puits de gaz à effet de serre résultant d'activités humaines de changement d'affectation des terres et de foresterie doivent être transparents et vérifiables, et utiliser des modalités, règles et lignes directrices qui restent à déterminer. Les efforts déployés pour faire accepter d'autres puits potentiels, comme la forêt aménagée et les sols agricoles, dépendront de la disponibilité de telles données crédibles. Les données disponibles et notre compréhension actuelle des processus en jeu dans les flux du carbone ne permettent pas encore d'avoir un système de déclaration crédible. Il y a un certain nombre de priorités générales de recherche, dont la compréhension des processus de composition et décomposition du sol, la réponse des flux du carbone aux pratiques de gestion agricoles et forestières, les changements et perturbations de l'environnement aux échelles mondiale et régionale, et la transposition des processus à l'échelle de l'écosystème et du paysage.

### *Stocks forestiers de carbone*

Les exigences de la CCCC-ONU et du Protocole de Kyoto en matière de présentation de rapports mettent en évidence l'urgent besoin d'un système national de comptabilisation et de déclaration du carbone (C) lié à la foresterie, dont la principale fonction serait de suivre, entreposer et publier l'information sur les changements des stocks de C pour trois superficies : celle de la forêt de Kyoto, celle de la forêt aménagée et celle de la forêt totale. Les détails des exigences de déclaration dépendront de l'issue des négociations à venir sur la mise en œuvre du Protocole de Kyoto, qui détermineront l'étendue de la forêt de Kyoto, les types d'activités supplémentaires et les bassins de C qui doivent être

suivis. Les principaux éléments d'un système national de comptabilisation sont l'acquisition des données, leur stockage, les modèles, les bases de données sur les paramètres, les outils de présentation de rapports et la vérification. Le système devrait être assez souple pour s'adapter à des informations et besoins nouveaux, et maximiser la circulation de l'information.

### ***Stocks agricoles de carbone***

Conformément aux Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre, les rapports à la CCCC demandent des estimations annuelles des flux de CO<sub>2</sub> pour les sols agricoles. Jusqu'ici, le Canada a présenté les résultats du modèle CENTURY. L'acceptation des sols agricoles comme puits de carbone aux fins du Protocole est conditionnelle au développement d'un cadre vérifiable de mesure et de surveillance permettant une détermination exacte des variations nettes du stockage de carbone dans les sols. Pour déboucher sur des estimations vérifiables des changements du carbone des sols, le cadre de mesure et de surveillance doit comporter quatre grands éléments :

1. des outils prédictifs (p. ex. le modèle CENTURY, des modèles de la matière organique du sol basés sur des règles ou autres);
2. des données de gestion et d'affectation des terres;
3. une base de données sur les sols et le climat; et
4. des techniques de mise à l'échelle (prévisions modélisées du carbone du sol propres au site, extrapolés au niveau régional ou national).

Une estimation préliminaire très sommaire du coût du développement et de la mise en œuvre de tout le cadre de mesure et de surveillance monte à 12 millions de dollars, qui devront être déboursés entre 2000 et la fin de la première période d'engagement, en 2012. Le poste le plus important est lié au développement d'un système à base de règles et le raffinement d'un outil de modélisation comme le modèle CENTURY, avec une estimation très préliminaire d'environ 8,5 millions de dollars.

### **CONSERVATION DES MILIEUX HUMIDES**

Les milieux humides couvrent environ 14 % de la superficie terrestre du Canada et renferment plus de 150 000 Mt de carbone, soit à peu près 60 % du stock du Canada. Si la gestion des sols agricoles était effectivement acceptée comme catégorie de puits pouvant être prise en compte et/ou que les stocks de C englobent le bassin des sols, on pourrait s'attendre à ce que Canada soit en mesure de faire intervenir certains milieux humides, puisque ce sont des éléments si importants des paysages à la fois forestier et agricole. Aller plus loin, en incluant les milieux humides dans l'entente, donnerait une occasion de gérer leur capacité de renforcer la séquestration du carbone tout en maintenant d'autres fonctions précieuses de l'écosystème.

Parmi les caractéristiques des milieux humides qui pourraient en faire des puits nets figurent :

- ≡ une productivité primaire élevée (garantissant une abondance de carbone organique à séquestrer);
- ≡ une décomposition réduite (en raison de la nature anaérobie des sédiments des milieux humides et du froid des climats nordiques);
- ≡ des émissions réduites de CH<sub>4</sub> (en raison de l'oxydation du CH<sub>4</sub> dans le milieu aérobie des algues et de la végétation émergente); et
- ≡ de faibles émissions d'oxyde d'azote (parce que les sols sont toujours gorgés d'eau et que les niveaux de nitrates sont bas dans beaucoup de milieux humides).

La restauration de bassins de milieux humides par rétablissement de la végétation aquatique, ainsi que la restauration du C du sol dans les zones riveraines et les terres plus élevées qui peuvent être cultivées, feraient partie d'un programme de gestion intégrée. Cependant, l'état actuel des connaissances scientifiques ne justifie pas présentement de considérer les milieux humides comme des puits de carbone distincts aux fins du Protocole de Kyoto. Les milieux humides dégradés en raison d'activités humaines directes et/ou d'impacts du changement climatique pourraient devenir des sources d'émissions. Il convient donc d'entreprendre des recherches et des études pour évaluer convenablement la gestion des milieux humides en tant que puits de carbone potentiels.

## SÉQUESTRATION DU CARBONE ET ÉMERGENCE DU CARBONE COMME MARCHANDISE À L'ÉCHELLE MONDIALE

Un système national d'échange d'émissions pourrait être précieux s'il était conçu de manière à stimuler l'adoption de la séquestration du carbone par les gestionnaires forestiers et les agriculteurs. Aux termes du Protocole de Kyoto, des activités conjointes d'atténuation des émissions de GES peuvent être entreprises par le biais des trois mécanismes coopératifs : la *mise en œuvre conjointe (MOC) entre pays de l'annexe I*, le *mécanisme de développement propre (MDP)* et l'*échange international de droits d'émission (EIDE)*. L'actuelle étape pilote des *activités de mise en œuvre conjointe (AMOC)* permet aux Parties d'entreprendre des actions coopératives pour réduire les émissions par les sources et renforcer l'absorption par les puits. Dans le cadre du Processus national sur le changement climatique, une autre Table a examiné en détail l'utilisation des mécanismes de Kyoto.

### *Mise en œuvre conjointe (MOC) entre pays de l'annexe I*

La MOC entre pays de l'annexe I, définie dans l'article 6, permet à une Partie visée à l'annexe I de céder à une autre Partie ayant le même statut, ou d'en acquérir auprès d'elle, des unités de réduction des émissions (URE) découlant de projets visant à obtenir des réductions des émissions de GES qui *s'ajoutent* à celles qui pourraient être obtenues autrement. Les projets de MOC entre pays de l'annexe I ne semblent pas explicitement touchés par les restrictions sur les activités puits mentionnées à l'article 3. Cependant, si ces restrictions ne s'appliquent pas aux projet de MOC entre pays de l'annexe I, il est possible pour les Parties visées à l'annexe I de réclamer des bénéfices de GES pour des activités puits entreprises hors de leur territoire qui ne seraient pas admissibles si elles étaient entreprises sur ce territoire. Il peut ne pas être tentant pour une Partie visée à l'annexe I d'accueillir un projet de MOC entre pays de l'annexe I qui ne satisfasse pas aux exigences de l'article 3.3, s'il ne vient pas en supplément de ce qui serait survenu autrement.

### *Mécanisme de développement propre (MDP)*

Le MDP, défini à l'article 12, permet à des pays en développement (c.-à-d. des pays non visés à l'annexe I) d'accueillir des projets qui les aident à atteindre leurs objectifs de développement durable et à réduire les émissions de GES, et de céder des réductions d'émissions certifiées (REC) à des Parties visées à l'annexe I. Les Parties visées à l'annexe I peuvent alors utiliser les REC pour atteindre une partie de leur propre objectif. Comme les projets de MOC entre pays de l'annexe I, les projets MDP doivent venir en supplément de ce qui aurait été obtenu en l'absence des projets. Les REC peuvent être accordées pour des projets commençant en 2000.

### *Échange de carbone*

L'article 17 du Protocole de Kyoto permet aux Parties visées à l'annexe I d'échanger des émissions entre elles en vue d'honorer les engagements au titre de l'article 3 (cibles). Ces parties de quantités attribuées, souvent appelées unités de quantités attribuées (UQA), sont soustraites des quantités attribuées de la Partie qui vend les UQA et ajoutées à celles de la Partie qui les achète. Les limites de la forêt de Kyoto influenceront sur le nombre d'unités de quantités attribuées qui pourront être échangées sur le plan international en définissant à la fois le montant dont le Canada disposera pour le vendre à d'autres pays de l'annexe I et le montant qu'il pourra acquérir auprès d'eux.

Dans un éventuel régime national d'échange d'émissions, la meilleure façon d'intégrer les puits de Kyoto pourrait être — sans y être limitée — selon un système de création de crédits basés sur les projets, par lequel les crédits ou compensations seraient créés au-dessus d'un niveau de référence prédéterminé. Si l'on disposait d'une couverture des puits plus vaste que ceux qui sont ou pourraient être inclus dans le Protocole, une Partie donnerait des crédits pour des activités non admissibles aux termes du Protocole.

L'offre d'unités de réduction des émissions (MOC entre pays de l'annexe I) et de réductions certifiées d'émissions (RCE) qui peuvent être acquises par le Canada sera régie par l'admissibilité de projets de puits aux termes de l'article 6 et de l'article 12 du Protocole (c.-à-d. l'inclusion ou non de ces puits dans le MDP, et l'ampleur de la couverture de la MOC et du MDP [au-delà de reboisement, boisement et déboisement]). En outre, si les exigences de mesure, de surveillance, de vérification et d'homologation ne sont pas trop coûteuses, on notera probablement un intérêt marqué pour le développement de projets de puits dans d'autres pays.



Les problèmes de comptabilisation et de méthodologie liées aux projets de séquestration et aux échanges, mais qui ne sont pas nécessairement spécifiques à ces projets, sont entre autres la définition des niveaux de référence, l'évitement des fuites potentielles à l'extérieur des limites des projets, la permanence des puits et la transférabilité des unités de carbone entre les divers types de projets et de mécanismes. Il faudra encore beaucoup de négociations avant que la MOC entre pays de l'annexe I, le MDP et l'échange de carbone puissent être mis en oeuvre. Cependant, il se fait déjà des échanges sur des marchés hâtifs, à mesure que les entreprises commencent à apprendre le fonctionnement possible des mécanismes.

## CONCLUSIONS

Certaines grandes conclusions peuvent être tirées des travaux de la Table. Celle-ci reconnaît que les puits forestiers et agricoles devraient jouer un rôle dans une stratégie nationale de mise en oeuvre. Selon les définitions du reboisement, du boisement et du déboisement (RBD) qui seront adoptées à la suite des négociations internationales, la contribution nette MSQ de ces activités pendant la période 2008-2012 pourrait être substantielle soit comme source, soit comme puits. Ces définitions devraient être finalisées, au plus tôt, lors de la CdP6 à la fin de 2000. Selon que le reboisement sera défini comme un nouveau boisement (changement d'affectation des terres) ou comme une remise en état après la récolte (sans changement d'affectation des terres), la contribution nette des activités RBD dans un scénario de maintien du statu quo pendant la première période d'engagement pourrait être une source de 3 à 19 Mt CO<sub>2</sub> dans le premier cas, ou passer d'une source de 21 Mt à un puits de 10 Mt CO<sub>2</sub> dans le second. On ne dispose pas d'estimations pour la deuxième période d'engagement mais, si l'on suppose que les niveaux de déboisement restent constants, le MSQ se traduirait dans le premier cas par une source de 3 à 19 Mt et dans le second par une source de 5 Mt à un puits de 22 Mt CO<sub>2</sub>.

En raison des importantes lacunes des données et des besoins en information de base, les estimations sont incomplètes et entachées d'incertitude; il faudra donc les raffiner et effectuer des recherches supplémentaires. La Table a rencontré des difficultés dans son analyse à cause des incertitudes élevées découlant du fait que les négociations internationales ne sont pas terminées sur les questions de méthodologie liées à l'affectation des terres, au changement d'affectation des terres et à la foresterie. À l'heure actuelle, les estimations quantitatives de la contribution nette potentielle des émissions par les sources et de l'absorption par les puits au Canada ne peuvent être présentées que comme un éventail de possibilités. Il n'existe pas présentement de vrai « modèle des puits » pour les trois activités incluses dans le Protocole, soit le reboisement, le boisement et le déboisement. En règle générale, les coûts, les émissions/absorptions liées aux activités d'affectation des terres, de changement d'affectation des terres et de foresterie ne peuvent pas être facilement intégrées avec les activités de réduction des émissions associées à d'autres secteurs. C'est pourquoi la Table des puits recommande qu'on fasse preuve de prudence en tentant d'interpréter les estimations fournies dans le présent rapport et en les intégrant dans un exercice national d'intégration et de modélisation. Il faut dès maintenant investir beaucoup dans les recherches et l'information, pour que le Canada puisse présenter des estimations exactes et vérifiables du changement des stocks de carbone quand cela lui sera demandé et puisse fournir une orientation à ses négociateurs.

Les travaux réalisés par la Table, en conjonction avec les tables des secteurs agricole et forestier, ont mis en évidence que les puits sont très importants pour le Canada. Il est donc dans notre intérêt d'élaborer à la fois une stratégie de négociation internationale et une stratégie nationale de mise en oeuvre, en gardant à l'esprit le rôle que joueront l'affectation des terres, le changement d'affectation des terres et la foresterie.

## RECOMMANDATIONS

### *Les puits et le Protocole de Kyoto*

**Recommandation 2.1 :** que les ministères concernés encouragent leurs scientifiques et experts techniques à entreprendre les priorités de recherche identifiées, en étroite collaboration avec des homologues étrangers, et à utiliser adéquatement l'expertise dans les futures négociations liées aux puits de carbone dans le cadre du Protocole de Kyoto.

### *Changement d'affectation des terres et foresterie*

**Recommandation 3.1 :** qu'un programme de boisement consistant à planter 50 000 ha avec des essences à croissance rapide soit mis en œuvre immédiatement en tant que mesure de catégorie 1.

**Recommandation 3.2 :** qu'un programme de boisement consistant à planter 800 000 ha en plantations en blocs et brise-vent utilisant des essences traditionnelles soit mis en œuvre immédiatement en tant que mesure de catégorie 1.

**Recommandation 3.3 :** que des politiques de réduction du déboisement soient incluses dans la stratégie du Canada pour l'après-2000 (catégorie 2) puisque les émissions du déboisement sur la période 2008-2012 doivent être ajoutées à l'objectif du Canada.

**Recommandation 3.4 :** que des politiques visant à encourager la modification des méthodes de reboisement pour accroître la séquestration du carbone dans les zones reboisées depuis 1990 soient examinées en vue de leur inclusion dans une stratégie pour l'après-2000 (catégorie 2).

**Recommandation 3.5 :** que des politiques soient mises en place pour encourager les activités dans la forêt aménagée qui accroissent la séquestration du carbone.

**Recommandation 3.6 :** que l'on accorde une haute priorité à améliorer notre connaissance des causes, de l'emplacement et de l'étendue du déboisement, et des façons d'en réduire l'impact.

**Recommandation 3.7 :** que l'on accorde une très haute priorité à déterminer les implications pour le Canada de l'inclusion dans le Protocole de Kyoto de la forêt aménagée et du stockage du carbone dans les produits forestiers.

**Recommandation 3.8 :** que l'on étudie les impacts de la foresterie urbaine sur la séquestration du carbone et l'économie d'énergie.

**Recommandation 3.9 :** que l'on améliore les connaissances sur la croissance et le rendement des arbres, et sur l'évolution temporelle de tous les bassins de carbone.

**Recommandation 3.10 :** que l'on détermine les impacts en matière de séquestration du carbone et les coûts des diverses activités d'aménagement forestier sur les bassins forestiers de carbone avec le temps.

**Recommandation 3.11 :** que l'on améliore les informations sur l'impact et les coûts d'actions visant à modifier le stockage du carbone dans les bassins de carbone des produits forestiers, et sur l'évolution temporelle de leurs liens avec le stockage de carbone sur place dans tous les bassins.

**Recommandation 3.12 :** que l'on détermine l'effet potentiel du changement climatique à venir sur les prédictions de séquestration du carbone par le biais d'activités proposées dans les recommandations 3.1 à 3.5.

**Recommandation 3.13 :** que les gouvernements énoncent clairement des politiques visant les droits de propriété du carbone séquestré.

**Recommandation 3.14 :** que l'on améliore les connaissances sur la croissance et le rendement des arbres, et sur les changements survenant avec le temps dans tous les bassins de carbone.

*Sols agricoles*

**Recommandation 4.1 :** que l'on examine plus avant les pratiques de conservation sur les terres labourables, la gestion des pâturages, la conversion des terres marginales en prairies de graminées vivaces et la restauration des milieux humides en tant que mesures qui pourraient jouer un rôle dans la stratégie canadienne de réduction des gaz à effet de serre (catégorie 2). L'élaboration des politiques, particulièrement pour établir des alliances régionales ou provinciales, pourrait commencer en 2000.

**Recommandation 4.2 :** que soient maintenus tous les programmes qui encouragent directement ou indirectement la séquestration du carbone dans les sols agricoles. Avant d'éliminer des programmes de sensibilisation existants, il faudrait les examiner afin de déterminer s'ils sont un atout précieux pour la séquestration du carbone.

**Recommandation 4.3 :** que l'on prenne en compte le lien entre la restauration des milieux humides et les stratégies d'adoption des pratiques de conservation sur les terres labourables, de gestion des pâturages, de conversion des terres labourables marginales en prairies de graminées vivaces.

**Recommandation 4.4 :** que la mise en œuvre des stratégies se fasse à l'échelle nationale, reconnaissant que le domaine agricole disponible et le climat de chaque province ou région limiteront la contribution au puits de carbone du sol. Le financement du programme pourrait se faire sur la base du potentiel de séquestration du carbone ou du nombre d'hectares.

**Recommandation 4.5 :** que les gouvernements fédéral et provinciaux doivent revoir toutes les politiques existantes qui pourraient influencer sur les stratégies d'amélioration du puits de carbone du sol.

**Recommandation 4.6 :** que soient effectuées des recherches sur les émissions d'oxydes d'azote et de méthane liées aux quatre stratégies ci-dessus. Déterminer si les effets des cinq stratégies sur tous les gaz à effet de serre entraînent d'autres réductions des émissions ou une plus faible séquestration nette du carbone. Inclure les effets de la consommation de combustibles et de la gestion des substances nutritives.

**Recommandation 4.7 :** que l'on détermine et raffine de nouvelles concentrations d'équilibre et le potentiel de séquestration du carbone attribuables aux quatre stratégies.

**Recommandation 4.8 :** que soient effectuées des recherches afin d'évaluer les avantages économiques de chaque stratégie, et de déterminer les pratiques les mieux appropriées à chaque région agricole du Canada.

**Recommandation 4.9 :** que les gouvernements énoncent clairement leurs politiques concernant les droits de propriété quant au carbone séquestré dans les sols agricoles.

*Mesure, surveillance et vérification*

**Recommandation 5.1 :** qu'un comité directeur composé de représentants des gouvernements et d'intervenants soit mis sur pied, doté de l'engagement et du financement adéquats, et chargé de mener à bien la mise en œuvre du système de comptabilisation du carbone dans les forêts. Ce comité devrait veiller à ce que le système de déclaration emploie des méthodes et des modèles qui répondent aux exigences du processus de vérification, une fois défini par les négociations internationales.

**Recommandation 5.2 :** qu'un comité directeur composé de représentants des gouvernements et d'intervenants soit mis sur pied, doté de l'engagement et du financement adéquats, et chargé de coordonner l'élaboration et la mise en œuvre du cadre de mesure, de surveillance et de vérification des stocks de carbone dans les sols agricoles.

*Milieux humides*

**Recommandation 6.1 :** que l'on continue de considérer les milieux humides comme un puits potentiel dans le cadre du Protocole de Kyoto, particulièrement par le biais de l'organisation et de la coordination des sciences et des politiques propres à ces puits.

**Recommandation 6.2 :** que l'on identifie un pivot de la recherche connexe au Canada afin de bien évaluer, par le biais d'ateliers thématiques, l'état actuel des connaissances et les priorités de la recherche en matière de gestion des milieux humides comme puits potentiels de carbone. Une façon d'atteindre cet objectif serait de créer un nœud de recherches sur les milieux humides dans le cadre du programme BIOCAP des universités canadiennes.

## **1. INTRODUCTION**

### **1.1 Mandat de la Table et portée du rapport sur les options**

La poursuite des négociations internationales et les incertitudes qui continuent d'entourer les questions d'affectation des terres, de changement d'affectation des terres et de foresterie (ATCATF) sont la raison première de la création de la Table nationale de concertation sur les puits. L'objectif essentiel de la Table a été de définir l'état des connaissances, les lacunes et les problèmes liés à la question des puits biologiques associés à la foresterie et à l'agriculture, ainsi que d'autres puits biologiques éventuels. De plus, la Table a reçu le mandat de fournir des renseignements et avis techniques aux gouvernements de manière que l'on dispose de l'information et des analyses nécessaires à la prise d'une décision quant à la ratification et à la mise en œuvre des dispositions du Protocole de Kyoto visant les puits.

Les négociations internationales sur les questions d'ATCATF se poursuivent; le processus sera lent et complexe, et s'étalera sur plusieurs années. Des décisions prises sur la scène internationale auront des implications critiques pour la stratégie nationale du Canada visant les gaz à effet de serre. Bien que les négociations soient toujours entourées d'incertitudes, le Canada doit pouvoir estimer — avec un minimum de certitude — jusqu'à quel point les activités d'affectation des terres, de changement d'affectation des terres et de foresterie présentement couvertes par l'entente, et d'autres mesures éventuelles, peuvent l'aider à atteindre son objectif de réduction des émissions.

Les travaux sur les activités ATCATF menés par la Table des puits et d'autres ne sauraient être menés en marge de la situation internationale. Étant donné que le Protocole de Kyoto ne couvre pas tous les puits, surtout ceux liés aux sols agricoles, et qu'aucune décision sur l'inclusion d'autres puits ne sera prise avant au moins la sixième Conférence des Parties en 2000 (sinon plus tard), les travaux de méthodologie entrepris par la Table des puits doivent être poursuivis. En fait, considérant les incertitudes qui entachent encore cette question, toute stratégie nationale adoptée doit le reconnaître et le prendre en compte.

Le présent Rapport sur les options reflète les discussions et les connaissances actuelles sur les puits des membres des tables de consultation des puits, du secteur forestier, et de l'agriculture et l'agroalimentaire; il est basé sur l'apport fourni par des experts des domaines de la foresterie, de l'agriculture et des milieux humides. Les membres de la Table des puits sont convaincus qu'il permettra d'accroître la compréhension de la question des puits chez les intervenants et les décideurs du Canada, en leur fournissant un contexte technique et une information analytique, sans reprendre ce qui a déjà été couvert dans le document de base de la Table des puits (Table de concertation nationale sur les puits de carbone, 1998), où le lecteur pourra trouver d'autres informations.

La Table a lancé depuis décembre 1998 plus de 15 études (dont on trouvera la liste à l'annexe B), certaines en collaboration avec la Table du secteur forestier. Ces études forment la base de connaissances sous-jacente au présent document. Le Rapport sur les options fournit une mise à jour sur la dynamique des négociations internationales et analyse les interventions possibles pour renforcer la séquestration dans le secteur forestier. Étant donné les contraintes de temps et de financement, comme on le verra plus loin en 1.2, nous n'avons pas pu évaluer toutes les interventions possibles de séquestration dans l'optique du Protocole, surtout dans les domaines de l'agriculture et de la conservation des milieux humides, où les stratégies générales sont présentées comme en opposition avec les actions ou les options. Dans la plupart des cas, l'information donnée n'est que qualitative. Enfin, et c'est le point le plus important, de l'opinion de la Table, le Rapport met en relief les difficultés qui persistent quant aux activités ATCATF, et définit l'orientation générale du développement d'un système de mesure et de vérification des émissions et absorptions, ainsi que des recherches et études futures.

Le chapitre 1 du rapport présente un aperçu de l'approche adoptée par la Table et souligne certains des problèmes de l'analyse. Le chapitre 2 concerne les questions d'affectation des terres, de changement d'affectation des terres et de foresterie présentement visées par le Protocole de Kyoto, et les perspectives pour les négociations. Les chapitres 3 et 4 résument les analyses des options de foresterie et les stratégies visant les sols agricoles, et donnent des indications sur le potentiel des sols d'autres pays. Les questions de mesure, de surveillance et des aspects scientifiques sont présentés au chapitre 5. La conservation des milieux humides fait l'objet du chapitre 6 et le chapitre 7 illustre les liens entre, d'une part, les puits et, d'autre part, les mécanismes de Kyoto et d'autres systèmes d'échange éventuels. Les



conclusions sont présentées au chapitre 8. On trouve aussi la liste des recommandations après le résumé, au début du présent Rapport.

## **1.2 Difficultés et problèmes d'analyse**

Comme d'autres Tables de concertation, la Table des puits a connu beaucoup de difficultés pour entreprendre nombre des études visant à élargir la base de connaissances sur cette question. Le manque de temps et l'absence et/ou la non-disponibilité d'expertise ont été les principales contraintes auxquelles la Table a dû faire face. Ce n'était toutefois pas une surprise, vu la nature de la question. Les exigences du Protocole imposent d'effectuer des recherches nouvelles et originales qui devront nécessairement être poursuivies une fois la Table dissoute.

Se fier à des hypothèses peut-être non fondées, faute de données de bonne qualité, risque de compromettre sérieusement la validité des estimations. Celles-ci pourraient être utilisées à mauvais escient dans la conception d'une stratégie nationale de mise en œuvre. En dernier lieu, et non le moindre, nombre des questions entourant les puits résultent directement des incertitudes et du scepticisme qui les entachent.

Étant donnés les mandats respectifs des tables du secteur forestier et de l'agriculture, deux secteurs qui incluent la séquestration dans leurs contributions respectives aux objectifs de Kyoto, il était logique que les options qui seraient élaborées le soient de concert avec ces tables sectorielles. Pour ce qui est des options de l'agriculture, vu les conflits entre les échéanciers des deux tables pour la réalisation et la présentation des rapports sur les options, et l'intention de la Table de l'agriculture et de l'agroalimentaire d'entreprendre certains travaux analytiques sur les puits de carbone, les options liées à l'agriculture n'ont pas pu être pleinement élaborées à temps pour figurer dans le Rapport sur les options de la Table des puits. Cependant, ces retards ne devraient pas être critiqués, puisqu'un certain nombre d'options de puits dépendront de l'issue des négociations internationales, sur lesquelles on ne s'entendra probablement pas avant la fin de 2000, au plus tôt.

Comme il a été mentionnée à plusieurs reprises à la Table de l'analyse et de la modélisation, les coûts, émissions et absorptions liés aux activités d'affectation des terres, de changement d'affectation des terres et de foresterie ne peuvent pas être facilement intégrés aux activités de réduction des émissions associées à d'autres secteurs. À l'heure actuelle, il n'y a pas de « modèle de puits » pour les trois activités forestières incluses dans le Protocole. Parmi les problèmes clés de l'établissement de courbes de puits figurent la longue durée de vie du projet, autrement dit des arbres, et les énormes coûts initiaux de leur plantation. Il est à craindre que, dans une simple comparaison des coûts avec ceux d'autres mesures, sur la durée de vie du projet, on n'en fasse une sous-estimation. La même question se pose pour la séquestration par les sols agricoles. Comme on le verra au chapitre 3, on a effectué un calcul simple du rapport coût-efficacité pour les options de boisement, tant sur la durée de vie prévue du projet (plantation) (c.-à-d. 2000-2050) que selon les lignes directrices de l'AMG, mais aussi sur la première période d'engagement 2008-2012. Il n'est toujours pas certain que cette information pour les puits soit d'une quelconque utilité pour établir les priorités des mesures et des options dans l'exercice d'intégration nationale.

## **1.3 Liens avec d'autres tables nationales**

Vu la nature intersectorielle du changement d'affectation des terres et du secteur forestier, la Table des puits a pu collaborer avec un certain nombre d'autres Tables, mais plus particulièrement avec celle du secteur forestier, qui s'est révélée d'une aide très précieuse. Les deux Tables ont tenu une réunion conjointe à Vancouver en octobre 1998, au cours de laquelle a été un Groupe de travail sur le reboisement, le boisement et le déboisement (RBD). Le Groupe s'est réuni régulièrement et avec profit sous la présidence du Service canadien des forêts (SCF) pour revoir les études conjointes sur les activités RBD et pour lancer l'élaboration, la rédaction et la révision de certaines sections du Rapport sur les options qui sont communes aux deux Tables. Les deux Tables ont aussi commandé une étude conjointe sur les questions de séquestration du C liées aux mécanismes de Kyoto et aux éventuels systèmes de crédit et d'échange.

Au cours du printemps 1999, un Groupe de travail similaire de membres de la Table des puits et de la Table de l'agriculture et de l'agroalimentaire a été formé et a commencé à élaborer des stratégies de renforcement des puits des sols agricoles et à raffiner les estimations du potentiel de puits des sols pour les terres labourables. La Table des puits a également noué divers liens, entre autres par participation multiple à d'autres Tables, comme la Table des

Nouvelles mesures volontaires, la Table des municipalités, et la Table de l'éducation et de la sensibilisation du public. On a également entretenu le dialogue avec la Table des mécanismes de Kyoto et la Table des crédits pour mesures hâtives. Les liens entre les questions de séquestration du C et les mécanismes de Kyoto (mécanisme de développement propre, mise en œuvre conjointe et échange international de droits d'émission), les crédits pour mesures hâtives et les échanges d'émissions sont abordés au chapitre 7.

## 2. AFFECTATION DES TERRES, CHANGEMENT D'AFFECTATION DES TERRES ET FORESTERIE, ET LE PROTOCOLE DE KYOTO

### 2.1 Contexte

La Convention-cadre sur les changements climatiques (CCCC), adoptée en 1992, stipule que « Chaque Partie... limitera ses émissions anthropiques de gaz à effet de serre et protégera et renforcera ses puits et réservoirs de gaz à effet de serre. » Bien qu'on puisse interpréter cet énoncé de diverses manières, il est clair que des puits doivent être inclus aux termes de la Convention. De plus, la Convention-cadre définit comme puits « tout processus, toute activité ou tout mécanisme, naturel ou artificiel, qui élimine de l'atmosphère un gaz à effet de serre, un aérosol ou un précurseur de gaz à effet de serre ». À l'heure actuelle, la photosynthèse — processus biologique naturel — est le seul processus pris en considération par la CCCC comme un puits extrayant le dioxyde de carbone de l'atmosphère. Par conséquent, le stockage de dioxyde de carbone dans des puits d'exploitation pétrolière et gazière n'est pas considéré comme un puits aux termes de la Convention.

La végétation extrait du dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) de l'atmosphère par photosynthèse. Ce dioxyde de carbone est réinjecté dans l'atmosphère par la respiration de la végétation et la décomposition de la matière organique dans les sols et la litière. Les flux bruts sont importants : la production primaire brute (photosynthèse brute) est d'environ 120 milliards de tonnes par an, dont la moitié est retournée dans l'atmosphère par la respiration des plantes. Le reste est stocké dans le matériel végétal. L'homme interagit avec les terres de diverses manières. Certaines activités d'affectation des terres et de changement d'affectation des terres peuvent influencer directement sur l'ampleur et la vitesse des échanges naturels de gaz à effet de serre (GHG) entre les écosystèmes terrestres, l'atmosphère et l'océan. Le fait que les changements apportés aujourd'hui à l'affectation des terres influent sur les flux de  $\text{CO}_2$  à la fois présents et futurs liés à cette affectation particulière est une des caractéristiques qui différencient l'affectation des terres de la consommation de combustibles fossiles ou d'autres sources d'émissions aux fins de l'analyse des émissions de  $\text{CO}_2$ . Les écosystèmes sont dans un état d'équilibre dynamique. L'importance des flux de carbone et la quantité de C stockée dans les réservoirs varie avec le temps. Chaque écosystème a son profil propre, fonction de son état de succession, des facteurs climatiques et de l'exposition aux perturbations naturelles et humaines.

La croissance des arbres et la formation des sols exigeant de nombreuses années (les échelles de temps sont de l'ordre de la décennie jusqu'au siècle), les taux annuels de changement sont très bas et il se passe beaucoup de temps avant qu'on n'en réalise les bénéfices. Étant donné l'influence prépondérante des forêts naturelles dans certains pays, comme le Canada, la question des puits revêt pour nous une importance particulière. Les jeunes arbres à croissance rapide amassent relativement peu de carbone (ce sont de petits réservoirs ou bassins de carbone), mais leur taux d'absorption du carbone augmente rapidement (ce sont des puits à croissance rapide). Il faut en général au moins 20 ou 30 ans de croissance, parfois beaucoup plus selon l'essence, pour atteindre la capacité de puits annuelle maximale. Plus les forêts sont vieilles, plus elles stockent de carbone. Cependant, à mesure que la forêt vieillit, elle devient plus vulnérable aux insectes et aux maladies, et risque davantage d'être dévastée par les incendies. Le feu et la décomposition de la matière organique morte renvoient du carbone dans l'atmosphère. Une grande partie du carbone se retrouve dans le sol, qui peut être un réservoir important.

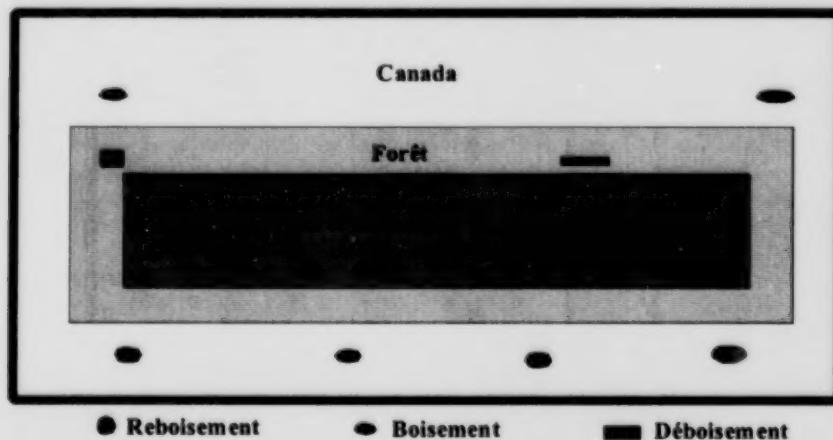
### 2.2 Négociations internationales et considérations stratégiques

Les arguments pour l'inclusion des puits dans le Protocole de Kyoto découlent du fait qu'ils soient reconnus par la CCCC, et que le meilleur incitatif pour les protéger et les renforcer est d'en faire un élément d'une entente exécutoire. En réalité, comme on l'indique plus loin, l'entente de Kyoto n'atteint pas tout à fait cet objectif. En exclure la foresterie n'aurait pas permis la promotion de la durabilité des forêts et aurait été en contradiction avec les objectifs de la Convention et d'autres ententes internationales concernant l'environnement. Par ailleurs, ceux en faveur de l'exclusion des puits jugeaient qu'ils constituent une échappatoire et que, du fait des importantes incertitudes, invérifiables. Cependant, les incertitudes pourraient et devraient être traitées comme celles entourant les sources. Il incomberait à la Partie déclarante de faire en sorte que ce qui est déclaré respecte des critères de vérification et de conformité. Les choses se trouvaient en outre compliquées par la difficulté de définir les émissions et absorptions anthropiques par les forêts, tout en créant des mesures incitant les pays à conserver et renforcer leurs puits et réservoirs.



Le compromis de Kyoto a été d'inclure certaines activités de changement d'affectation des terres et de foresterie entreprises après 1990 et influant sur les puits, soit les activités RBD. Celles-ci seraient ajoutées aux émissions brutes des Parties, ou en seraient soustraites, au moment d'évaluer la conformité sur la période 2008-2012, et seraient mesurées en tant que changement vérifiable des stocks de carbone (paragraphe 3.3). L'approche adoptée était donc l'approche dite brute/nette. Autrement dit, s'il y a eu une augmentation du stock de carbone entre 2008 et 2012 en raison d'activités RBD entreprises depuis 1990, la quantité moyenne d'absorption du carbone pendant la période d'engagement sera soustraite des émissions moyennes du Canada sur la période 2008-2012. Si le stock de carbone baisse (c.-à-d. des émissions nettes de carbone) entre 2008 et 2012 en raison de ces trois activités postérieures à 1990, alors la quantité sera ajoutée aux émissions du Canada pour la période.

À l'heure actuelle, le Protocole de Kyoto ne vise pas la totalité de la forêt canadienne, ni même une grande partie de celle-ci comme la forêt « aménagée ». À la place, le Protocole ne vise que la « forêt de Kyoto ». Les changements des stocks de carbone de la forêt actuelle non touchés par ces activités postérieures à 1990 ne peuvent pas contribuer aux efforts du Canada pour honorer ses engagements selon les termes actuels du Protocole de Kyoto. En limitant ces activités, en incluant des activités qui n'ont pas d'effet puits (déboisement), et en spécifiant comment les changements seraient mesurés, le Protocole n'offre pas un traitement très équilibré des sources et des puits. Il n'accorde pas de crédit, et donc ne fournit pas d'incitatifs, aux bonnes pratiques de gestion forestière qui assurent la durabilité des forêts existantes. Pour nombre de pays, la forêt de Kyoto ne représente qu'une partie de leur forêts aménagées actuelles. Le Protocole de Kyoto ne fournira donc probablement pas tous les incitatifs appropriés pour atteindre l'objectif de la CCCC – « protéger et renforcer les puits ». La figure 2.1 schématise les activités de nature forestière incluses dans le Protocole.



**Figure 2.1 : Illustration des activités de nature forestière incluses dans le Protocole de Kyoto**  
(Source : Service canadien des forêts)

La récolte a été rayée de la liste des activités forestières que l'on proposait au départ d'inclure dans le Protocole. La raison en est que des pays comme le Canada, dont les forêts croissent relativement lentement, auraient été pénalisées par le débit imputable à la récolte (tout le CO<sub>2</sub> du bois abattu est considéré comme libéré dans l'atmosphère en l'espace d'un an). Cette situation aurait plus qu'annulé toute absorption due à la repousse sur les terres exploitées depuis 1990.

L'Australie a appuyé l'inclusion des puits uniquement dans une approche nette/nette, et a pu négocier un texte spécial à cette fin. Conformément au paragraphe 3.7, les pays pour lesquels les changements d'affectation des terres et la foresterie constituaient une source nette d'émissions en 1990 n'incluront les émissions nettes que dans leur année de référence 1990 et, donc, gonfleront le bilan (ou la quantité attribuée) des GES qu'ils peuvent émettre pendant la

période d'engagement. Cependant, des contradictions dans la formulation du paragraphe 3.7 ont porté à se demander si les émissions nettes dues au changement d'affectation des terres et à la foresterie ou au seul changement d'affectation des terres devaient être incluses dans l'estimation des émissions de l'année ou de la période de référence. Cette situation pourrait avoir une incidence significative sur les calculs des quantités attribuées des Parties visées à l'annexe I, et par conséquent sur les crédits pour mesures hâtives et sur les échanges nationaux et internationaux de droits d'émission.

Les inventaires nationaux préparés en utilisant les actuelles *Lignes directrices du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC)* ne reflètent pas les limites de la forêt de Kyoto, non plus que la plupart des systèmes nationaux de collecte de données pour les inventaires ne sont conçus pour recueillir des données spécifiques à la forêt de Kyoto. De nouvelles méthodes d'inventariage devront être développées pour prendre en compte les émissions ou puits nets de la forêt de Kyoto, et les Parties visées à l'annexe I devront se doter de la capacité institutionnelle de recueillir les données appropriées et d'appliquer ces méthodes.

Une incertitude majeure réside dans la manière dont seront définies les trois activités RBD. Selon la définition retenue, les puits ou sources pourraient avoir des tailles extrêmement différentes. Le Document de base a conclu que, selon la décision finale sur bien des questions encore en suspens, la contribution nette, au cours de la première période d'engagement, des sources et puits liés aux activités RBD postérieures à 1990 pourrait être substantielle soit comme source, soit comme puits. Par exemple, si la régénération après la récolte est exclue du « reboisement », on ne pourrait obtenir de la forêt de Kyoto un puits net de C qu'en mettant en place un programme massif de boisement. Les incertitudes persisteront probablement un certain temps, les définitions ne feront pas l'objet d'une entente avant un temps assez long et, même alors, elles risqueront encore d'être interprétées différemment.

Les puits des sols agricoles ne sont actuellement pas inclus dans le Protocole de Kyoto, sans doute en raison du manque de confiance et des incertitudes qui entachent les estimations, et du fait que les Parties ne sont pas certaines de l'état de leurs sols et n'ont pas fait rapport à ce sujet. Une question connexe est de savoir si le Protocole de Kyoto pourrait ou devrait être interprété de manière à inclure les pertes de carbone des sols agricoles comme une source pour calculer la quantité attribuée. Bien que la plupart des intervenants semblent penser que les sols sont inclus comme une source dans l'année de référence, d'autres pensent que l'on pourrait à juste titre avancer qu'ils ne le sont pas, étant donné le flou de certaines dispositions du Protocole, comme les paragraphes 3.1 et 3.7.

Au paragraphe 3.4, le Protocole prévoit des négociations sur les activités de puits supplémentaires (autres que le reboisement, le boisement et le déboisement), dont les sols agricoles, qui pourraient être utilisées pour honorer les engagements, et de quelle manière on pourrait le faire. La Conférence des Parties (CdP) à la Convention décidera des modalités, règles et lignes directrices quant à la façon de prendre en compte l'absorption du carbone par les sols agricoles (et toute autre activité supplémentaire de changement d'affectation des terres et de foresterie). Donc, pour faire accepter par la communauté internationale la séquestration du carbone dans les sols agricoles, il faut disposer d'une projection fiable de ce potentiel, sur les plans tant national qu'international, ainsi que d'une méthodologie acceptée pour déterminer les « variations vérifiables des stocks ». Certains pays, dont le Canada, sont d'avis que, bien que l'on admette ces problèmes de méthodologie, les incertitudes ne devraient pas être considérées comme une raison valable d'exclure les sols agricoles.

La dynamique des négociations sur les activités AFCATF est très lourde, et les progrès sont lents sur toutes les questions. Parfois, lors de la dernière session, en juin 1999, il semblait que certains pays reculaient par rapport à ce qui avait été convenu à Buenos Aires. En effet, certaines Parties ont systématiquement refusé de s'engager dans des discussions viables, ce qui a empêché de progresser sur les questions de politiques et de procédures pour inclure des activités supplémentaires ou sur les questions de définitions liées au paragraphe 3.3. Certaines Parties jugeaient qu'on ne devait s'attaquer à rien de cela avant que ne soit terminé le rapport spécial (RS) du GIEC sur l'affectation des terres, le changement d'affectation des terres et la foresterie, en mai 2000. Il est cependant important qu'un processus se poursuive en parallèle, puisque le RS n'abordera pas le cadre décisionnel en matière de politiques ni les critères. Il fournira simplement, entre autres, des informations précieuses sur les implications des divers ensembles de définitions des activités RBD. Un autre problème entre les Parties en négociation sera la soumission de données, le moment pour le faire, et surtout, l'utilisation des données dans le processus décisionnel. Lors de la session de juin, il a cependant été décidé de tenir deux ateliers. L'un devra produire un rapport d'avancement détaillé sur l'ébauche de RS du GIEC en marge de la CdP5, ainsi qu'un événement connexe permettant les interactions, pendant la période de révision du rapport par les gouvernements et les experts. Un des buts de cet événement serait d'assurer la pertinence

du RS en matière de politiques. Un autre atelier allant plus en profondeur serait organisé entre la douzième réunion de l'Organe subsidiaire de conseil scientifique et technologique (OSCST) et la CdP6 pour analyser le RS du GIEC.

Pour un certain nombre de pays, dont le Canada, les Parties devraient s'entendre sur les critères qui orienteraient l'inclusion de nouvelles activités aux termes du paragraphe 3.4. Le Canada a proposé que les critères fixés pour compenser certaines incertitudes devraient reposer sur de solides bases scientifiques; favoriser d'autres objectifs environnementaux liés à l'affectation des terres; maintenir la symétrie et la cohérence du traitement des affectations des terres; et promouvoir les objectifs de la Convention au lieu de les saper. Une conséquence des négociations sur l'inclusion d'activités supplémentaires pourrait être que les pays ne les déclareront peut-être que dans la deuxième période d'engagement. En négociant les activités supplémentaires, il faudra garder à l'esprit deux considérations. D'abord, la méthode de comptabilisation qui sera utilisée pour la période 2013-2017 et au delà n'est pas encore connue, et pourrait différer de celle utilisée pour 2008-2012. Ensuite, la nouvelle cible de réduction des émissions pour la deuxième période reste à négocier, tout en gardant à l'esprit les éventuelles activités supplémentaires qui pourraient être incluses.

### **2.3 Collaboration pour la recherche et transfert d'information**

Il est de l'intérêt du Canada de jouer un rôle important dans l'élaboration des modalités, règles et lignes directrices internationales visant à ce que le carbone séquestré aux termes du Protocole de Kyoto soit déclaré de façon transparente et vérifiable. Pour ce faire, les scientifiques canadiens doivent rechercher activement la collaboration et donc l'acceptation de scientifiques étrangers pour l'élaboration des bases de données, de systèmes de surveillance et modèles nécessaires pour ces déclarations. Ils devraient aussi participer activement aux évaluations scientifiques internationales comme celles menées par le GIEC, qui seront cruciales pour l'atteinte d'un consensus international sur les règles et lignes directrices. Par conséquent, pour favoriser cet apport et cette collaboration, on devrait accorder une certaine priorité au financement d'ateliers et de programmes de recherche multilatéraux sur les études des processus du carbone et à la participation dans les évaluations internationales.

**Recommandation 2.1 : que les ministères concernés encouragent leurs scientifiques et experts techniques à entreprendre les priorités de recherche identifiées, en étroite collaboration avec des homologues étrangers, et à utiliser adéquatement l'expertise dans les futures négociations liées aux puits de carbone dans le cadre du Protocole de Kyoto.**

### 3. OPTIONS DE SÉQUESTRATION DU CARBONE PAR LA FORESTERIE ET LE CHANGEMENT D'AFFECTATION DES TERRES

#### 3.1 Introduction

Ce chapitre traite des options d'affectation des terres, de changement d'affectation des terres et de foresterie qui ont pour effet d'accroître les puits forestiers et de réduire les sources forestières pour ceux des sources et puits biologiques liés à la forêt qui sont ou peuvent être visés par le Protocole de Kyoto. Ce chapitre est très semblable au chapitre 4 du Rapport sur les options de la Table du secteur forestier, puisqu'il est basé sur les travaux du groupe de travail conjoint des deux tables et a été rédigé en collaboration. Certaines différences se présentent cependant.

Comme on l'a noté au chapitre 2, dans sa version actuelle, le Protocole de Kyoto ne vise pas toute la forêt canadienne, ni même un élément important de cette forêt, comme la forêt « aménagée ». Il ne vise que trois activités spécifiques ayant trait aux forêts – le reboisement, le boisement et le déboisement (RBD) survenus depuis 1990. C'est ainsi que les variations qui affectent le carbone dans l'ensemble de la forêt du Canada n'ont aucune incidence sur les efforts déployés par le Canada pour remplir les engagements qu'il a pris à Kyoto. Le chapitre 5 précise les exigences de mesures qui permettront de prendre en compte les activités RBD et souligne qu'elles ne seront complètement définies qu'après d'autres négociations internationales.

En raison de l'incertitude qui entoure l'issue des négociations, les options nationales de séquestration du carbone sont présentées dans trois sections distinctes : les activités qui sont actuellement visées par le Protocole et qui ont de relativement bonnes chances d'être définies d'une manière telle que les options soient pertinentes (c.-à-d. le boisement); les activités qui sont actuellement visées par le Protocole mais dont la définition est relativement incertaine (c.-à-d. le reboisement et le déboisement); et les activités qui ne sont pas actuellement visées dans le Protocole mais qu'on envisage d'y inclure (p. ex. toutes les activités d'aménagement dans la forêt aménagée). Nous incluons également dans cette dernière catégorie une analyse du stockage du carbone dans les produits forestiers. Les lignes directrices du GIEC (sur la façon de rendre compte des inventaires de GES en vertu de la CCCC-ONU) traitent la récolte comme une émission l'année où elle a lieu. On ne sait toutefois pas si ces lignes directrices seront appliquées dans le cadre du Protocole et, même si elles sont utilisées (par opposition à l'adoption de nouvelles), il se peut qu'elles soient modifiées pour mieux refléter les flux réels de carbone lorsque les arbres sont abattus et transformés en produits forestiers. Advenant que le carbone stocké dans les produits forestiers soit inclus dans le Protocole, cela aura des conséquences sur les stratégies potentielles visant à augmenter les stocks de carbone.

Lorsqu'on adopte une perspective à très long terme (plus de 100 ans), il devient clair que les puits forestiers n'ont qu'un rôle modeste à jouer dans le cadre du changement climatique, puisqu'il y a des limites biophysiques et pratiques à la quantité de carbone pouvant être stockée dans les forêts et les produits forestiers. Les puits forestiers ne peuvent pas offrir une solution permanente au problème des changements climatiques anthropiques, et les activités visant à renforcer les puits forestiers doivent être perçues comme une mesure provisoire qui vient s'ajouter aux mesures visant à réduire les émissions de GES. Bien que les stocks de carbone dans les forêts puissent être augmentés de manière permanente, après un certain temps, l'absorption nette de CO<sub>2</sub> sera nulle, de sorte qu'il n'y aura plus d'absorption par les puits.

Comme les puits et les sources de carbone ne figurent pas dans les *Perspectives énergétiques*, qui constituent le niveau de référence des émissions MSQ (maintien du statu quo), nous donnons une estimation du scénario MSQ pour les puits et les sources aux termes du Protocole de Kyoto. En raison des incertitudes quant aux définitions dont on a parlé plus haut, il existe en fait un ensemble de scénarios MSQ qui correspondent aux différentes issues possibles des négociations sur les définitions et les activités figurant dans le Protocole. Pour ce qui est du Protocole, les estimations MSQ désignent ce qui peut être compensé par rapport à la cible que s'est fixée le Canada pour la première période d'engagement (ou les périodes suivantes), sans investissement supplémentaire ni changement de politique.

L'analyse présentée dans ce chapitre vise essentiellement à accroître la quantité de carbone stockée dans un secteur donné et/ou à accroître la superficie boisée par rapport au scénario MSQ (ce qui consiste à réduire le secteur déboisé). Les options de séquestration exigent la mise en place d'un ensemble de politiques ou de programmes visant à augmenter la quantité nette de carbone absorbé au cours de la première période d'engagement et des suivantes.



### 3.2 Actuellement dans le protocole avec une définition certaine – Le boisement

Le terme « boisement » n'a pas encore été défini pour les besoins du Protocole de Kyoto, et il y a peu de chances pour que l'on s'entende sur une définition internationale avant plusieurs années. Il faut toutefois noter que, aux termes de pratiquement tous les types de définition envisagés, la plantation d'arbres sur les terres à rendement marginal telle que décrite ici serait visée par le Protocole, même si l'opération risque d'être définie comme du reboisement plutôt que du boisement. Il y a donc deux définitions possibles du boisement.

Pour le GIEC, le boisement est « la plantation de nouvelles forêts sur des terres qui, historiquement, n'ont jamais porté de forêts ». Le Canada, dans une présentation au GIEC en vue de son Rapport spécial, a proposé la définition suivante : « changement dans l'utilisation des sols qui, par l'établissement d'un peuplement forestier, forme une forêt ».

La définition que le GIEC donne du terme boisement cadre avec sa définition du terme reboisement : « plantation de forêts sur des terres qui ont jadis porté des forêts mais qui ont été converties à une autre affectation ». Selon les définitions du GIEC, les interventions décrites ci-après passeront pour un mélange de boisement et de reboisement, même si l'attribution de certains secteurs de forêts nouvellement plantées à l'une ou à l'autre des catégories risque d'être difficile lorsque la couverture terrestre historique et les variations d'affectation des terres ne sont pas connues avec certitude. Ce sont les définitions proposées par le Canada qui sont utilisées dans le présent Rapport sur les options, mais il ne faut pas oublier qu'elles pourraient ne pas être acceptées. Les implications de l'issue incertaine des négociations sont décrites plus loin.

Les estimations MSQ du boisement présentées dans les Documents de base des Tables des puits et du secteur forestier font état d'un potentiel de 1-2 Mt CO<sub>2</sub>/an au cours de la première période d'engagement, selon une estimation très approximative des taux actuels de plantation d'arbres et des changements d'affectation des terres (supposé être de l'ordre de 15 000 ha par an). Une analyse plus poussée de ces estimations nous incite à déduire que la majorité de ces secteurs ne seraient pas considérée comme ayant fait l'objet d'un boisement aux termes du Protocole de Kyoto (comme on le mentionne plus loin, la plantation d'arbres pourrait ne pas être considérée comme du boisement), ou seraient trop difficiles à surveiller et à vérifier. Une partie de ce boisement toucherait des terres agricoles abandonnées retournant naturellement à l'état de forêt, et les données et la méthodologie utilisées pour l'estimer sont entachées de beaucoup d'incertitude. La plantation d'arbres correspond à une superficie supplémentaire d'environ 12 500 ha de plus par an (Lemprière et Booth, 1998). Les estimations MSQ pour le boisement, considérées comme négligeables aux fins du présent exercice, devraient donc être raffinées.

Les Tables du secteur forestier et des puits ont évalué une variété de interventions de boisement selon l'essence utilisée, le type de boisement et de région, comme l'illustre le tableau 3.2.1. Les renseignements généraux nécessaires à l'évaluation de ces interventions proviennent de cinq études, commandées pour la Table, sur le potentiel de boisement qui existe au Canada, et d'une sixième sur les options de conception et de mise en oeuvre des programmes de boisement (voir l'annexe B). Il faut toutefois signaler que les résultats présentés ici ne sont pas directement comparables à ceux des études, car nous avons procédé à une analyse interne plus poussée qui nous a contraints à modifier les hypothèses et l'analyse. Les résultats illustrés au tableau 3.2.1 sont très incertains et ont un niveau de confiance qui va de faible à moyen. Les coûts et la rentabilité de la séquestration du carbone sont éminemment sensibles aux hypothèses utilisées, dont les plus importantes sont les courbes de croissance des arbres, les superficies boisées, les calendriers de plantation, la valeur des activités auxquelles on renonce lorsque la terre est boisée et les taux d'actualisation utilisés pour les flux financiers (10 %) et les flux de carbone (pas d'actualisation). La croissance des arbres pendant les années qui suivent directement la plantation et les taux de croissance dans les plantations sont des éléments de profonde incertitude, et il faut rassembler les données pour diverses essences à partir des bases de données provinciales et autres et en faire la synthèse.

Le coût net du boisement doit englober les coûts de plantation, le coût de renonciation à la terre, les coûts de protection et les coûts de transactions liés aux programmes de boisement et aux systèmes de mesure, de surveillance et de vérification de la séquestration du carbone. Il doit également comprendre la valeur des diverses utilisations possibles, notamment en ce qui concerne les produits forestiers et la bioénergie (ainsi que la valeur du carbone), et d'un vaste éventail d'utilisations et d'avantages environnementaux comme la protection des sols, l'amélioration de la qualité de l'eau et l'amélioration des habitats. Les données sur la valeur de la plupart de ces avantages sont incertaines, essentiellement à cause de l'incertitude qui entoure la valeur future du carbone, les débouchés

commerciaux de l'utilisation du bois pour les produits forestiers (et la façon dont la récolte et le carbone stocké dans les produits forestiers seront traités dans le Protocole), et de la difficulté qu'il y a à quantifier les utilisations et avantages environnementaux. Notre analyse repose uniquement sur une évaluation des coûts de plantation et de renonciation, de sorte que les résultats en matière de rentabilité ne sont pas basés sur le coût net réel du boisement étant donné que les coûts et avantages ne sont pas tous inclus.

Dans l'ensemble, les résultats indiquent qu'un effort concerté visant à boiser 50 000 ha avec des essences à croissance rapide pendant cinq ans (2001-2005) se traduira par 1,3 Mt CO<sub>2</sub> en 2010. La plantation de 793 000 ha sur 15 ans (2001-2015) avec des espèces à croissance plus lente entraînera la séquestration de 0,8 Mt CO<sub>2</sub> en 2010, même si cette estimation a un faible niveau de confiance, ce qui traduit l'incertitude considérable sur la croissance des arbres les premières décennies qui suivent leur plantation. Même si nous sommes partis de l'hypothèse que la plantation pouvait débuter dès 2001 à un niveau modéré (12 200 ha d'essences traditionnelles et 10 000 ha d'essences à croissance rapide) et prendre de l'ampleur avec le temps (61 000 ha par an d'essences traditionnelles entre 2006 et 2015), il s'agit d'une hypothèse très optimiste qui exigera des efforts immédiats et intenses. Le report de l'opération à 2002 ou 2003 réduit sensiblement la séquestration du carbone au cours de la première période d'engagement, mais peut être nécessaire. Les écarts de rentabilité et de séquestration entre les interventions découlent des différences régionales dans les essences plantées, les courbes de croissance, les superficies plantées et les coûts de plantation.

Les niveaux de plantation résultant des interventions dépassent de loin tout effort de boisement jamais mené au Canada. La plantation de terres récemment exploitées dépasse 400 000 ha par an au Canada, la quasi-totalité sur des terres forestières de propriété publique, de sorte qu'on peut faire appel à quantités de spécialistes de la plantation pour les opérations de boisement. Cependant, comme nous le verrons ci-dessous, la vraie difficulté que pose un programme de boisement de l'ampleur proposée dans les interventions tient à la complexité et à la difficulté d'attirer des milliers de propriétaires de terres agricoles et autres terres à rendement marginal.

Il convient de remarquer que, pour atteindre la séquestration totale de 2,1 Mt en 2010, il n'est pas nécessaire d'entreprendre l'opération de plantation intégrale (la plantation pourrait ne se faire qu'entre 2001 et 2009), même si le fait de planter la cible annuelle sur les 15 ans se solde par une augmentation appréciable de la séquestration dans les années qui suivent la première période d'engagement. À signaler également que, au bout de 20 à 50 ans, la séquestration annuelle attribuable à la plantation d'essences traditionnelles sera très nettement supérieure à ce qu'elle était en 2010. Alors qu'elle est de 0,8 Mt CO<sub>2</sub> en 2010, elle est d'environ 2,9 Mt CO<sub>2</sub> en 2020 et d'environ 7,5 Mt CO<sub>2</sub> en 2050. Au cours de la période 2000-2050, la séquestration du carbone résultant de la plantation d'essences traditionnelles est en moyenne de plus de 4 Mt CO<sub>2</sub> par an.

Ce qu'il faut surtout retenir du tableau 4.2.1, c'est la différence dans la séquestration du carbone et le coût de plantation d'essences à croissance rapide, par rapport à la plantation de plus grandes superficies avec des espèces à croissance plus lente. Par comparaison, les plantations à croissance rapide sont beaucoup plus rentables et se soldent par une séquestration nettement supérieure durant la première période d'engagement. À plus long terme, les plantations à croissance rapide sont moins intéressantes, car les arbres ont une vie plus courte. La plantation d'essences à croissance rapide a souvent pour but de récolter les arbres au bout de 12 à 15 ans, ce qui soulève des questions compliquées et pas encore résolues sur la façon dont la récolte des superficies boisées sera traitée dans le Protocole.

**Tableau 3.2.1**  
**Résumé des interventions de boisement<sup>1</sup>**

Intervention	Cible de plantation annuelle <sup>2</sup> (ha/an)	Période de plantation	Plantation totale (ha)	Rentabilité <sup>3</sup> \$/1997/t CO <sub>2</sub>		Séquestration du carbone <sup>4</sup> Mt CO <sub>2</sub>	
				2008-2012	2000-2050	2010	2000-2050
Plantations à croissance rapide	10 000	5 ans	50 000	22,2	s/o <sup>5</sup>	1,31	s/o <sup>5</sup>
Brise-vent dans les Prairies	13 000	15 ans	169 000	140,7	3,7	0,15	29,0

Plantations en blocs en C.-B.	13 000	15 ans	169 000	452,5	2,4	0,04	35,2
Plantations en blocs dans les Prairies	20 000	15 ans	260 000	114,6	3,0	0,37	71,4
Plantations en blocs dans l'Est	15 000	15 ans	195 000	144,9	2,3	0,22	68,6
<b>TOTAL</b>			<b>843 000</b>			<b>2,08</b>	

- 1 Les estimations sur la séquestration et la rentabilité pour la première période d'engagement ont un faible niveau de confiance. Les autres estimations ont un niveau de confiance moyen.
- 2 Toutes les opérations de plantation débutent en 2001. À l'exception des essences à croissance rapide, les opérations de plantation s'accroissent pour atteindre la cible de plantation annuelle en 2005. Pour les essences à croissance rapide, l'ensemble de la plantation annuelle débute en 2001.
- 3 Les coûts n'englobent que les coûts de plantation et d'entretien; en sont exclus les coûts de protection et les coûts de transaction liés aux programmes de boisement de même qu'aux systèmes de mesure, de surveillance et de vérification du carbone. En sont également exclues les recettes provenant de la récolte et de l'utilisation des arbres, de même que la valeur des avantages environnementaux.
- 4 Seul le carbone de la biomasse aérienne et souterraine figure dans les estimations de la séquestration nette pour les interventions de plantation à croissance rapide et les interventions prises dans les Prairies et en C.-B. Les interventions prises dans l'est du Canada englobent le carbone du sol et de la biomasse non forestière. Les estimations tiennent compte des émissions de combustibles fossiles utilisés dans les opérations de plantation.
- 5 sans objet - Pour les essences à croissance rapide, on suppose que la récolte, si elle a lieu, surviendra à l'âge de 13 ou 15 ans et que le secteur sera replanté. Pour la période 2000-2050, la séquestration nette de carbone dépendra du traitement réservé dans le Protocole à la récolte des superficies boisées et au carbone stocké dans les produits forestiers qui en résultera.

L'analyse détaillée de chaque intervention figure ci-après dans les sections 3.2.3 à 3.2.7. Avant d'exposer en détail chaque intervention, il importe d'examiner les questions d'analyse et les incertitudes de l'analyse, de même que les hypothèses utilisées. C'est l'objet de la section 3.2.1. La section 3.2.2 décrit les obstacles aux interventions de boisement et les questions de politiques à considérer. L'examen des interventions de boisement se termine à la section 3.2.8 par une brève évaluation d'autres questions, dont la compétitivité, les conséquences du boisement sur les plans économique et environnemental, l'utilisation des programmes de plantation dans d'autres pays qui se sont fixés des cibles de réduction ou de limitation des émissions à Kyoto et la nécessité de faire une analyse plus approfondie pour mieux comprendre les interventions de boisement.

Il faut signaler ici que l'analyse présente le point de vue des Tables du secteur forestier et des puits. Il n'en reste pas moins que les interventions portent essentiellement sur les terres agricoles et qu'elles doivent donc être évaluées plus en profondeur dans l'optique du secteur agricole. Il serait par exemple utile de comparer ces interventions au potentiel de séquestration du carbone des arbustes et des récoltes non ligneuses sur les terres agricoles ainsi qu'à celui des pratiques visant à accroître le carbone des sols agricoles.

### 3.2.1 Questions d'analyse, incertitudes et hypothèses

#### *Types de boisement et utilisation des superficies boisées*

Pour les besoins de l'analyse, les Tables du secteur forestier et des puits ont établi une distinction entre trois types de boisement selon leurs incidences différentes sur l'affectation existante des terres et les types de terres sur lesquelles chacune porte (voir tableau 3.2.2). L'analyse se concentre uniquement sur les deux premières, à savoir les plantations en blocs et les brise-vent. Une plantation en blocs est une superficie relativement grande plantée d'arbres, alors qu'un brise-vent se compose des rangées d'arbres comme ceux que l'on plante sur le périmètre d'un champ agricole. Notons ici que les brise-vent ne seront sans doute pas inclus en vertu de la définition du boisement du type « changement d'affectation des terres », encore que cela reste possible.

Il y a d'importantes différences entre les plantations en blocs et les brise-vent sous les rapports suivants : affectations futures potentielles (en dehors de la séquestration du carbone) et débits futurs potentiels de carbone, paramètres

économiques du boisement, sélection des essences et paramètres d'ordre stratégique. Ces questions sont analysées ci-après.

**Tableau 3.2.2**  
**Types de boisement et affectations potentielles**

	<b>Plantation en blocs (relativement grands blocs d'arbres)</b>	<b>Brise-vent (rangées d'arbres)</b>	<b>Plantation d'arbres (plantation à petite échelle d'arbres disséminés)</b>
<b>Type de terre ciblée</b>	Sans doute des terres agricoles à rendement marginal, mais également des terres agricoles de bonne qualité inutilisées ou sous-utilisées, dont la productivité est particulièrement élevée	Terres agricoles touchées par l'érosion du sol ou dont on peut tirer d'autres avantages	Tout type de sol
<b>Ampleur de l'effet sur l'affectation actuelle des terres</b>	Chaque propriétaire est tenu de procéder à une conversion à grande échelle de l'affectation des terres	Pour les propriétaires, la conversion de l'affectation des terres sera minime ou modérée	Peu ou pas d'effets sur l'affectation actuelle des terres
<b>But/utilisation</b>	Carbone Fibres pour les produits ou la bioénergie Utilisations environnementales – rétablissement de forêts dégradées et morcelées, biodiversité, amélioration des habitats, esthétique, amélioration de la qualité et de la quantité d'eau, conservation et protection des sols	Carbone Amélioration du rendement des cultures, baisse de la consommation d'énergie dans les bâtiments Utilisations environnementales – esthétique, amélioration de la qualité et de la quantité d'eau, conservation et protection des sols, protection contre le vent et le soleil, esthétique, amélioration de la qualité et de la quantité d'eau, atténuation du bruit	Carbone Baisse de la consommation d'énergie dans les bâtiments Utilisations environnementales – esthétique, amélioration de la qualité et de la quantité d'eau, conservation et protection des sols, protection contre le vent et le soleil, esthétique, amélioration de la qualité et de la quantité d'eau, atténuation du bruit

La principale incertitude qui entoure l'analyse du boisement a trait à l'utilisation future des secteurs boisés. Les buts avoués du boisement dans une région donnée permettront de déterminer quelles personnes s'intéresseront au boisement, leur niveau de participation, le niveau et la structure des incitatifs requis pour encourager la participation, et l'horizon temporel des crédits et des débits futurs du carbone dont elles (et le Canada) seront responsables. Cela influera également sur le choix des essences utilisées et sur les effets environnementaux, sociaux et économiques du boisement. Toutes ces questions sont analysées plus en détail dans la présente section et dans la suivante. Nous décrivons ici diverses affectations possibles.

Manifestement, la séquestration du carbone et la création de réservoirs de carbone sont un objectif primordial du Protocole de Kyoto et de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques. En termes généraux, il y a deux autres catégories d'affectations, l'une liée à la récolte pour les produits forestiers ou la bioénergie, et l'autre à l'environnement ou à d'autres objectifs qui n'impliquent généralement pas de récolte. Dans bien des cas, il pourrait y avoir des affectations à fins multiples. En général, l'atteinte de buts autres que la seule séquestration du carbone constituera sans doute la meilleure démarche pour concevoir des programmes de boisement. Ces objectifs varieront d'un endroit à l'autre.



Dans le cadre du Protocole, la récolte et l'attribution des crédits et des débits de carbone qui lui sont associés est une question difficile qui n'a toujours pas été résolue à l'échelle internationale. Nous y reviendrons plus loin. Il y a à cet égard d'importantes différences entre les plantations en blocs et les brise-vent. Les plantations en blocs ont plus de chances d'être exploitées à l'avenir, alors qu'on ne prévoit pas l'exploitation des brise-vent. Si une région boisée le demeure en permanence, à mesure que les stocks de carbone se stabilisent, la séquestration annuelle nette de carbone deviendra nulle (ou en d'autres termes, les émissions nettes par le pourrissement équivaldront à la croissance). Pour les essences à croissance plus lente, cela pourrait prendre jusqu'à 100 ans.

En plus des retombées économiques possibles de la récolte, le boisement peut offrir un vaste éventail d'avantages environnementaux non commerciaux dans les zones qui pourront ou non être exploitées à l'avenir. Ce sont entre autres la restauration des forêts dégradées ou morcelées, l'aménagement d'habitats fauniques, la protection et le renforcement de la biodiversité, l'amélioration de la qualité et de la quantité d'eau, et la conservation et la protection des sols. Au nombre des autres avantages possibles, surtout pour les plantations brise-vent, figurent l'atténuation du bruit, la protection des bâtiments contre le vent, le soleil et le froid (ce qui peut réduire la consommation d'énergie pour le chauffage et la climatisation), des améliorations d'ordre esthétique et des améliorations du rendement des cultures.

#### *Aboutissement incertain des négociations*

Il se peut qu'on ne parvienne pas avant la CdP6 (automne 2000 ou début 2001) ou même plus tard à un accord international sur les définitions du boisement et du reboisement, ou sur les composantes des stocks de carbone dont on tiendra compte pour déterminer la conformité au Protocole. Il semble clair que les plantations en blocs seront visées dans le Protocole, quelles que soient les définitions du boisement et du reboisement qui ressortiront des négociations futures. Il semble également probable, bien que moins certain, que les brise-vent seront inclus. Selon les définitions du GIEC et la définition de travail proposée par le Canada, la plantation d'arbres telle que définie au tableau 3.2.2 ne sera sans doute pas incluse dans le Protocole, à moins que la plantation ne désigne l'établissement d'une forêt.

Pour ce qui est des stocks de carbone, il est clair que la séquestration du carbone dans la biomasse aérienne est incluse, mais c'est moins certain pour la séquestration du carbone dans les sols et dans la biomasse souterraine. Dans l'analyse des Tables du secteur forestier et des puits, on a estimé le carbone de la biomasse souterraine et inclus le carbone du sol lorsqu'on a réussi à l'estimer. Un autre problème qui se rattache aux stocks de carbone est de savoir si la séquestration du carbone dans une zone donnée, en l'absence de boisement, doit être comptabilisée. Avant le boisement, la terre peut être un puits ou une source en raison de la végétation qui s'y trouve déjà et des changements qu'elle subit avec le temps. Il se peut qu'il faille soustraire (ajouter) le puits (la source) existant(e) de la séquestration du carbone résultant du boisement pour que seule l'augmentation nette du carbone attribuable au boisement soit comptabilisée dans l'évaluation des crédits. L'analyse des interventions n'en tient pas compte.

Les négociations futures permettront également de déterminer si les activités qui ont pour effet d'accroître la séquestration du carbone dans les sols agricoles seront visées. C'est un facteur pour l'analyse du boisement, puisque l'inclusion des sols agricoles entraîne la possibilité que des mesures et des politiques visant à promouvoir la séquestration du carbone mettent en concurrence, pour les mêmes terres agricoles, soit le boisement soit la séquestration dans les sols agricoles.

Une quatrième grande incertitude tient à la façon dont l'exploitation des superficies boisées depuis 1990 seront traitées dans le Protocole. On se demande en effet si la récolte se traduira par des débits et, dans l'affirmative, comment le carbone stocké dans les produits forestiers sera comptabilisé et qui bénéficiera des crédits lorsque les produits sont échangés.

La dernière grande incertitude a trait aux lignes directrices, aux règles et aux procédures de mesure, de surveillance et de vérification de la séquestration du carbone qui seront établies dans le cadre des négociations internationales futures. Le coût de ces activités varie selon les prescriptions, le type de boisement et les politiques en matière de boisement. Ces coûts n'ont pas été évalués par les Tables du secteur forestier et des puits.

### *Disponibilité des terres et taux de participation*

Les caractéristiques biophysiques des terres ne sont pas un facteur limitatif du boisement au Canada. Le potentiel de boisement est plutôt fonction de facteurs financiers et autres. C'est pourquoi il est très difficile d'estimer la portion des terres appropriées sur lesquelles on pourra procéder à des plantations en blocs et à des plantations brise-vent, car cela dépend de divers facteurs, dont l'affectation actuelle des terres et leur rendement financier, le régime de propriété, les caractéristiques et les motivations du propriétaire et leur emplacement. Cela dépend également de facteurs liés à la mise en oeuvre du programme de boisement comme la sensibilisation, la promotion et la crédibilité.

Il existe dans certaines régions du pays des terres agricoles à rendement marginal de propriété publique pouvant faire l'objet d'un boisement. En général toutefois, relativement peu de terres agricoles sont de propriété publique, et les interventions de boisement présentées ici visent principalement les terres appartenant à des intérêts privés, surtout les terres agricoles à rendement marginal (les politiques de boisement des terres publiques seraient très différentes de celles qui sont analysées ici). Pour effectuer des plantations en blocs et brise-vent sur des terres privées, il faudra rallier la participation de milliers de propriétaires privés. L'incidence des programmes de boisement dépendra donc en définitive d'un processus ascendant dans lequel des milliers de propriétaires d'exploitations agricoles et d'autres terres décideront s'ils désirent participer à une telle intervention et, si oui, où et quand. C'est le taux de participation (nombre de propriétaires, superficie par propriétaire) qui déterminera la superficie totale plantée, ainsi que le moment où la terre sera disponible, ce qui influe sur le calendrier de plantation et, par conséquent, la rapidité de séquestration du carbone.

Dans l'analyse de toutes les interventions de boisement sauf une (la plantation d'essences à croissance rapide constituant l'exception), nous avons présumé une accélération relativement rapide du calendrier de plantation :

2000	lancement du programme;
2001	20% de la cible de plantation annuelle;
2002	40% de la cible de plantation annuelle;
2003	60% de la cible de plantation annuelle;
2004	80% de la cible de plantation annuelle;
2005	100% de la cible de plantation annuelle;
2006	100% de la cible de plantation annuelle.

années suivantes jusqu'en 2015

Malgré l'octroi d'importants incitatifs aux propriétaires et une campagne publicitaire de grande envergure, le taux de participation aux interventions de boisement sera assez lent pour commencer, à mesure que l'on met en oeuvre les programmes et les politiques, que l'on conçoit les instruments de financement, que les propriétaires et autres sont mis au courant des possibilités, que l'on conçoit et fournit des conseils d'ordre technique, que l'on établit des règles pour la comptabilisation du carbone et que des arbres sont disponibles dans les pépinières. Pour tenir compte de ces facteurs, nous avons présumé que la plantation débutera en 2001 à un niveau modeste. Certains membres de la Table, de même que les examinateurs de l'extérieur, ont fait valoir qu'un début en 2001 est une hypothèse très optimiste. Par exemple, si l'on entreprend la plantation en 2001, il faut un délai de deux ans pour obtenir des semis (c.-à-d. en 1999). Or, il y a peu de chances pour que cela se produise, ce qui incite à penser que la plantation ne pourra pas débiter avant 2002-2003 au plus tôt dans certaines régions, compte tenu du temps requis pour obtenir la participation des propriétaires.

Le calcul des taux probables de participation aux opérations de boisement n'est pas une tâche aisée, car il faut commencer par évaluer les coûts initiaux et les avantages pour les propriétaires, les coûts et les avantages futurs, et les préférences et objectifs personnels des propriétaires en ce qui concerne l'affectation actuelle et future des terres. Avant de tenter de déterminer les taux de participation et les terres qui seront mises à disposition, il faut répondre à deux grandes questions : 1) de quels incitatifs les propriétaires ont-ils besoin pour participer? et 2) comment ces incitatifs seront-ils fournis? Il se peut en effet que les incitatifs dont les propriétaires auront besoin ne soient pas uniquement d'ordre financier, mais comportent une aide technique et des données sur l'incidence du boisement sur les terres en question.

Il y aura également des propriétaires que la question n'intéresse simplement pas. Par exemple, il se peut que certains agriculteurs ne soient pas intéressés parce que leur famille pratique l'agriculture depuis des générations ou qu'ils ne veulent pas être contraints par l'affectation à long terme de leurs terres à la foresterie. Ces limites qui ne sont ni de nature biophysique ni financière risquent d'être considérables.

Les terres que chaque propriétaire affectera à une telle opération seront fonction des avoirs fonciers moyens et de la superficie que chaque propriétaire est prêt à boiser. Le boisement d'une foule de petites parcelles appartenant à de nombreuses personnes risque de coûter beaucoup plus cher que le boisement de parcelles plus importantes ne mettant en cause que quelques propriétaires, même si les incitatifs visant le boisement peuvent être structurés de manière à encourager le boisement de vastes parcelles de terres contiguës. Pour y parvenir, il faudra sans doute inciter des groupes de propriétaires à s'organiser en coopératives.

### **Coûts de boisement**

Nous avons commencé notre analyse en décidant des interventions de boisement qui peuvent paraître ambitieuses mais qui sont réalistes. Compte tenu du niveau de boisement ciblé en termes de superficie, et des caractéristiques des terres et des propriétaires qui participeront à ces interventions, il est certain que le tout entraînera des coûts. Le financement de ces coûts (p. ex. financement public, recettes tirées des crédits de carbone, financement provenant d'entreprises désireuses d'utiliser le bois, etc.), la façon d'obtenir l'adhésion d'autres participants que les propriétaires fonciers, les types d'incitatifs que l'on pourra utiliser et d'autres questions liées à la conception du programme de boisement sont abordés dans la section suivante sur les questions de politiques à considérer.

Même si les questions financières ne sont pas les seuls facteurs qui entrent en ligne de compte pour les propriétaires, pour obtenir leur participation, il faudra rembourser à beaucoup d'entre eux les coûts de plantation et d'entretien de plantations en blocs et de plantations brise-vent. Dans l'optique du propriétaire, il y a trois types de coûts (les avantages et les recettes potentielles sont abordés dans la section suivante).

1. Il arrive que des terres rapportent à leurs propriétaires des revenus auxquels ils devront renoncer du fait du boisement (autrement dit, il y a un coût de renonciation lié au boisement des terres). Cela vaut particulièrement pour les agriculteurs qui cultivent la terre ou l'utilisent comme pâturage, même si le boisement touchera probablement avant tout les terres qui ne sont pas actuellement utilisées pour l'agriculture et donc rapportent peu. Le dédommagement au titre des coûts de renonciation, qu'il soit réglé par les gouvernements ou par d'autres responsables du boisement, pourra prendre la forme d'un paiement unique ou d'un loyer foncier annuel. Même si la valeur actualisée de ces deux modes de paiement est peut-être égale, ils pourront avoir des effets différents sur les propriétaires, dont certains préféreront l'un à l'autre. Dans l'optique de la nécessité de maintenir les stocks de carbone, il se peut qu'un propriétaire en vienne à dépendre du paiement de ce loyer annuel et qu'une fois que celui-ci cessera de lui être versé, il décide d'abattre les arbres et de ne pas replanter la terre (c.-à-d. déboisement), ce qui se traduira par un débit de carbone. En revanche, un loyer annuel peut être attrayant et a des chances de convaincre les propriétaires de traiter les arbres comme une récolte. Par contre, un paiement initial unique pourrait plaire aux propriétaires qui souhaitent maintenir la forêt à plus long terme. Quel que soit le mode de paiement, l'engagement de maintenir une forêt permanente sur la terre revêt une importance cruciale.

Le versement de paiements au titre de servitudes de conservation est une manière d'assurer un engagement permanent. Ces servitudes pourront prescrire que la terre doit demeurer boisée ou imposer l'utilisation de pratiques d'aménagement forestier durable conformément aux directives sylvicoles établies par la province. La servitude serait permanente et demeurerait en cas de changement de propriétaire, ce qui est un facteur important dans certaines régions du pays où les propriétés changent relativement souvent de mains (10 à 20 ans). Il se peut que les servitudes suscitent l'opposition des gouvernements locaux, car elles risquent de réduire l'activité économique et les taxes foncières que rapportent les terres.

2. L'établissement et l'entretien d'une forêt entraînent des coûts liés à la préparation du site, à l'achat de semis, à la plantation, à la fertilisation au besoin et aux activités de suivi comme le désherbage.
3. Enfin, le secteur boisé court le risque d'être entièrement ou partiellement détruit par le feu, les ravageurs et les intempéries. Les mesures de protection contre les incendies et les ravageurs peuvent coûter fort cher. Il est actuellement difficile, sinon impossible, de contracter une assurance contre ces risques mais, advenant que le

programme de boisement se fasse à grande échelle, il pourrait alors devenir plus facile de contracter une assurance contre ces risques. Le risque de pertes catastrophiques causées aux plantations à court terme sera sans doute atténué par le fait que les forêts seront facilement accessibles, relativement petites et relativement jeunes.

**Dans l'analyse des interventions, nous faisons état d'estimations basées uniquement sur les coûts de renonciation et de plantation. Nous n'avons pas quantifié les coûts de protection des forêts.** Les coûts d'établissement et d'entretien sont relativement faciles à quantifier, compte tenu de la vaste expérience du Canada en matière de coûts de reboisement. Ils se situent généralement entre 1 000 \$ et 1 500 \$ par hectare, mais peuvent être beaucoup plus élevés dans certains cas, par exemple 3 600 \$ par hectare pour planter des peupliers hybrides à croissance rapide. Ces coûts sont étalés sur plusieurs années, et la valeur actualisée est calculée selon un taux d'actualisation de 10 %.

Les coûts de renonciation sont beaucoup plus difficiles à quantifier, et l'on a constaté des divergences d'opinion parmi les membres de la Table quant aux valeurs qu'il convient d'utiliser. Les coûts de renonciation risquent de varier beaucoup d'un endroit à l'autre, selon l'affectation et la productivité de la terre, et peut-être aussi selon l'ampleur des programmes existants de soutien à l'agriculture. On dispose de très peu de données sur la valeur de l'utilisation, s'il y en a une, des terres les plus susceptibles d'être disponibles pour le boisement. On peut évidemment considérer les bénéfices agricoles moyens par hectare, la valeur moyenne des terres et la valeur estimative des terres agricoles. Selon ces sources, on peut affirmer que la valeur annuelle de location des terres agricoles est de l'ordre de 100 \$ à 300 \$ par hectare dans tout le pays. Or, on a des raisons de croire que le coût de renonciation annuel de plantation de forêts est très nettement inférieur. En premier lieu, les interventions de plantation analysées ici intéressent avant tout les terres agricoles à rendement marginal dont une bonne partie n'est pas actuellement affectée à l'agriculture. En deuxième lieu, les propriétaires non agricoles ne tirent généralement aucun revenu direct de leur terre. Enfin, il existe quantités d'exploitations agricoles dont la valeur de location annuelle est nettement inférieure à la moyenne, et ce sont elles qui ont le plus de chances de vouloir participer à un programme de boisement.

Tout cela nous incite à croire que, même si le coût de renonciation moyen n'est pas nul, il pourrait être relativement bas. Il risque également d'y avoir d'importants écarts entre les régions. Certains membres de la Table sont d'avis qu'une importante superficie de terre pourrait être disponible à un coût de renonciation nul ou pratiquement nul dans l'est du Canada. Cela reflète la proportion relativement importante de terres qui seront cédées par des propriétaires qui ont déjà des boisés sur leurs terres et qui s'y connaissent en foresterie. En revanche, dans les Prairies, la plupart des terres proviendront de propriétaires qui pratiquent essentiellement l'agriculture et dont les terres sont affectées à cette activité, de sorte que les coûts de renonciation y seront plus élevés que dans l'est.

En l'absence de données exactes, nous sommes partis de l'hypothèse que le coût de renonciation annuel des terres boisées se chiffrerait à 10 \$ par hectare. Cela équivaut à peu près à une valeur foncière de 100 à 125 \$ par hectare. Pour l'ouest du Canada, nous avons procédé à une analyse de sensibilité pour évaluer l'incidence de l'utilisation d'un coût de renonciation annuel de 100 \$ par hectare. Pour l'est du Canada, nous évaluons la sensibilité de la rentabilité prévue à un coût de renonciation annuel de 50 \$ par hectare. Étant donné que des essences à croissance rapide peuvent être plantées sur des terres de meilleure qualité, nous avons présumé un coût de renonciation annuel légèrement plus élevé de 25 \$ par hectare. Ce coût se situe à l'extrémité inférieure de la fourchette des loyers fonciers qui ont été payés pour des plantations de peupliers hybrides dans l'est de l'Ontario (25-30 \$/ha/an) et le sud de la C.-B. (100-300 \$/ha/an). La valeur actualisée des coûts de renonciation annuels de 10 \$ par hectare et de 25 \$ par hectare a été obtenue pour un taux d'actualisation de 10 % sur 25 ans.

Un quatrième coût qui se rattache au boisement est le coût de l'opération qui consiste à élaborer et à administrer les programmes de boisement et à évaluer les crédits et les débits de carbone connexes. **Nous n'avons pas cherché à évaluer ces coûts, même s'ils risquent d'être relativement élevés.** Dans l'ensemble, les interventions de boisement analysées par les Tables du secteur forestier et des puits concernent environ 800 000 ha sur 15 ans. Par comparaison, la taille moyenne d'une exploitation agricole au Canada se situe entre 75 et 125 ha dans l'est du Canada et en C.-B., et entre 300 et 450 ha dans les Prairies. Si chaque propriétaire participant fournit entre 10 et 100 ha, les interventions de boisement nécessiteront la participation d'environ 8 000 à 80 000 propriétaires fonciers de tout le pays. Pour recruter et appuyer ces nombreux propriétaires, il faudra déployer des efforts coûteux qui dépassent la capacité de tout organisme gouvernemental existant. On pourrait néanmoins faire appel à des partenaires comme des associations de propriétaires de boisés et d'autres organisations non gouvernementales pour qu'elles aident à l'exécution des programmes régionaux.



Les coûts liés aux systèmes de mesure, de surveillance et de vérification de la séquestration du carbone et des émissions possibles pourraient être élevés. Même si la majeure partie de ces coûts pourront être assumés par les gouvernements, il est possible que certains soient à la charge des propriétaires ou des autres participants aux programmes de boisement.

### *Choix des essences et courbes de croissance des arbres*

Compte tenu des terres affectées à la plantation d'arbres, un autre facteur décisif de la séquestration est le choix des essences. Les essences traditionnellement utilisées dans la foresterie, et pour lesquelles il existe des stocks de semis relativement abondants, ont un taux de séquestration relativement bas dans le climat canadien, même si leur taux de croissance dans des plantations est très incertain. Les données empiriques incitent à croire que les épinettes et les pins en plantation pourraient atteindre leur croissance annuelle maximale en l'espace de 25 à 50 ans, ce qui est beaucoup plus rapide que les 40 à 75 ans caractéristiques des peuplements non aménagés de ces essences. Les essences à croissance plus rapide comme le peuplier hybride peuvent atteindre leur taux annuel maximal de séquestration du carbone en l'espace de 10 à 25 ans. Les essences d'arbres et d'arbustes dont la croissance est la plus rapide mettent à peine 5 à 10 ans.

Étant donné que l'un des objectifs primordiaux du boisement est la séquestration du carbone, il sera essentiel de choisir des essences qui maximisent le taux de séquestration, mais différentes essences seront choisies selon que l'objectif est un taux maximum de carbone en un court laps de temps, ou un taux maximum de carbone sur un délai plus long, et également selon l'importance d'autres objectifs. Dans le premier cas, on optera naturellement pour les essences à croissance rapide. Dans le deuxième, on optera pour des essences traditionnelles à croissance plus lente. Lorsque les arbres plantés visent d'autres objectifs tout aussi importants, on choisira alors des essences en conséquences. Par exemple, si l'objectif est l'utilisation des arbres pour les produits forestiers ou la production de biocombustibles, on n'aura alors recours qu'à une ou quelques essences, alors que, si l'objectif est la restauration des forêts ou l'aménagement d'habitats, on aura besoin d'un ensemble plus diversifié d'essences qui prévalent localement. Pour les utilisations multiples, il faudra adopter un choix d'essences équilibré. Il se peut également que le choix des essences traduise d'autres préoccupations (par exemple la biodiversité, sur laquelle le Canada a pris des engagements internationaux). Dans l'analyse des interventions de boisement, nous illustrons une opération de plantation d'essences à croissance rapide de même qu'une opération de plantation régionale fondée sur des essences traditionnelles.

Nous n'avons pas évalué l'incidence de l'utilisation d'arbustes dans les opérations de boisement. Il se peut que l'utilisation de ces essences soit rentable, et il faudra procéder à une analyse plus fouillée dans ce domaine. Les espèces d'arbustes sont actuellement au coeur des activités du Centre de distribution de brise-vent, de l'Administration du rétablissement agricole des Prairies. Il y a toutefois peu de chances pour que ce genre de programme soit considéré comme du boisement aux termes du Protocole.

Quelle que soit l'essence choisie, il est très difficile d'estimer la séquestration à cause du manque de données solides sur les courbes de croissance des arbres en plantation. La difficulté est encore aggravée par l'absence de données valables sur la croissance des plantations au cours des deux premières décennies suivant l'établissement, période clé qui permet de déterminer l'impact au cours de la première période d'engagement. À cause de ces difficultés, les estimations relatives à la séquestration au cours de la première période d'engagement ont un coefficient de confiance faible. Mais, étant donné que nous avons une bien meilleure connaissance de la croissance des arbres après les deux premières décennies, nos estimations sur une plus longue période, comme 2000-2050, sont assorties d'un coefficient de confiance moyen.

Les courbes de croissance utilisées dans l'analyse proviennent de diverses sources, dont des gouvernements provinciaux et des travaux préalables sur le potentiel de boisement. Le recours à des sources diverses explique le manque d'uniformité entre les courbes de régions/essences différentes, même si nous avons cherché à assurer le maximum d'uniformité. Nous avons essayé d'utiliser des courbes de croissance qui tiennent compte du fait que le boisement présuppose souvent l'aménagement relativement intensif de terres de relativement bonne qualité (même si elles peuvent être marginales pour l'agriculture), de sorte que l'accroissement sera relativement rapide par rapport aux forêts naturelles non aménagées. Le tableau 3.2.3 résume l'accroissement moyen annuel de plusieurs essences représentatives utilisées dans l'analyse. Comme on peut le constater, les taux de croissance au cours des 10 premières



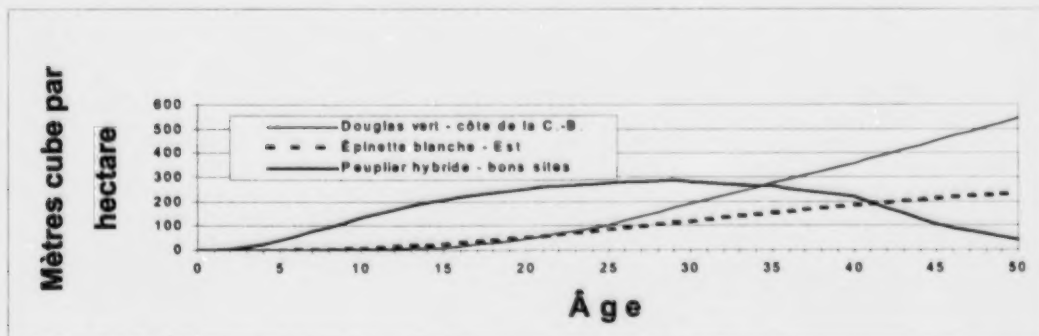
années varient beaucoup plus que les taux de croissance annuelle moyens sur 50 ans, même si ces derniers représentent des estimations beaucoup plus fiables que les premiers.

**Tableau 3.2.3**  
**Courbe des accroissements moyens annuels d'essences**  
**représentatives utilisées dans l'analyse du boisement**  
**(en m<sup>3</sup>/ha/an de bois de fût)**

Essence/Région	Accroissement annuel moyen	
	10 ans	50 ans
Douglas vert – côte de la C.-B.	0,4	10,9
Pin tordu latifolié – intérieur-sud de la C.-B.	0,4	4,0
Peuplier faux-tremble - intérieur de la C.-B.	0,2	3,0
Épinette blanche - Prairies	0,4	3,1
Peuplier faux-tremble - Prairies	1,8	3,0
Épinette blanche et noire – Est du Canada	0,9	4,7
Pin rouge – Est du Canada	2,3	5,2
Peuplier hybride – bons sites <sup>1</sup>	13,2	0,8

<sup>1</sup> On présume que les peuplements de peupliers hybrides commencent à s'éclaircir à l'âge de 30 ans, de sorte qu'à l'âge de 50 ans, l'accroissement annuel moyen est très faible. Dans la pratique, les peuplements de peupliers hybrides sont exploités au bout de 12 à 15 ans. S'ils restent en place, le carbone total du site peut continuer à augmenter dépendamment de la succession d'autres essences.

La figure 3.1 illustre les courbes de croissance de trois essences. Plusieurs remarques s'imposent à ce sujet. La première est que l'accroissement annuel des premières années est lent pour les deux essences traditionnelles illustrées (c.-à-d. que les courbes ont une pente faible), et que ce n'est qu'au moins 15 ou 20 ans après l'établissement que l'accroissement devient assez rapide pour permettre un taux de séquestration annuel de carbone appréciable. Deuxièmement, l'accroissement total annuel, et par conséquent la séquestration du carbone, peut varier considérablement à un moment dans le temps selon l'essence retenue (c'est-à-dire que la pente des courbes à un âge donné peut différer beaucoup pour des essences différentes). Enfin, pour les besoins du Protocole de Kyoto, les crédits de carbone durant la première période d'engagement et les périodes suivantes équivaudront à la différence de volume entre le début et la fin d'une période, quel que soit le volume total. En d'autres mots, ce n'est pas tant le volume total à un moment donné qui compte que la variation de ce volume au cours de périodes précises.



**Figure 3.1 : Courbes de croissance de trois essences utilisées dans l'analyse sur le boisement (volume de bois de fût par hectare)**

### *Exploitation future et déboisement des zones boisées*

Une profonde incertitude liée au boisement concerne la comptabilisation du carbone si les arbres sont enlevés d'une zone boisée. Si la zone est exploitée et n'est pas remplacée par une nouvelle forêt, ou qu'elle est déboisée d'une autre façon, il semble clair alors qu'un débit sera appliqué à cette zone, étant donné que le déboisement est visé par le Protocole. À l'échelle nationale, si une superficie équivalente est plantée, celle-ci séquestrera un volume de carbone à peu près équivalent (selon les essences choisies) au débit imputable au déboisement. Donc, il n'y aura pas d'effet net dans le temps, même s'il faut tenir compte de l'horizon temporel des crédits (qui surviennent à long terme) et des débits (à court terme), mais il y aura une incidence sur les coûts nets. À signaler que l'absence d'effet net dans le temps signifie qu'il faut s'engager en permanence à maintenir, à l'échelle nationale, une superficie totale boisée donnée, même si son emplacement dans le pays peut changer avec le temps.

Autrement, si le secteur est exploité et remplacé par une nouvelle forêt, la question est de savoir si l'exploitation de zones boisées se traduit par un débit de carbone au sens du Protocole de Kyoto. Pour certains, étant donné que l'activité d'exploitation n'est pas explicitement visée par le Protocole de Kyoto, il n'y a pas de débit. Selon d'autres, dès que la terre fait partie de la forêt de Kyoto (la superficie faisant l'objet d'un reboisement, d'un boisement et d'un déboisement depuis 1990), toute variation des stocks de carbone, quelle qu'en soit la cause, est visée par le Protocole. Cette divergence d'opinion n'a pas encore été résolue à l'échelle internationale.

Si l'exploitation est comptabilisée comme débit, il faudra alors parvenir à une entente internationale sur la comptabilisation appropriée du stockage du carbone dans les produits forestiers, notamment sur qui bénéficie des crédits du carbone stocké après que les produits forestiers ont fait l'objet d'échanges commerciaux. Le stockage de carbone dans les produits forestiers signifie sans doute que le débit attribuable à la récolte est inférieur à la séquestration du carbone survenue avant la récolte. Si la récolte n'est pas comptabilisée comme un débit, une possibilité est alors que les crédits se rattachant à un site particulier cessent après la première révolution, étant donné qu'il n'y a pas de séquestration supplémentaire nette qui dépasse le volume maximale au moment de la récolte.

Quelle que soit la façon dont on comptabilise les récoltes ou le carbone stocké dans les produits forestiers, le fait de comptabiliser la récolte pour alimenter en fibres de nouvelles installations de transformation qui seraient autrement exclues du scénario MSQ aura pour effet d'accroître les émissions de combustibles fossiles de base du Canada. Il faudra donc tenir compte de l'augmentation des émissions attribuable à ces nouvelles installations, qui neutralisera certains des crédits de carbone dus au boisement.

Si le bois est utilisé pour la production de bioénergie (substitution de sources d'énergie), le fait que les émissions de CO<sub>2</sub> résultant de la combustion de bois produit de manière durable n'entrent pas dans l'évaluation des émissions nettes de GES d'un pays revêt de l'importance. La raison pour laquelle on n'en tient pas compte est que les émissions dues à la combustion sont équilibrées par la croissance. Au cours du cycle de croissance, de récolte et de brûlage des arbres, il n'y a pas d'émissions nettes, ce qui implique que la séquestration du carbone ne devrait être comptabilisée comme un crédit que si les émissions provenant de la combustion du bois sont comptabilisées comme un débit. Lorsqu'une nouvelle forêt est plantée, comme dans le cas du boisement, cela implique en outre que seuls les crédits de carbone de la première plantation sont comptabilisés, car la séquestration ultérieure résultant de la plantation et des émissions du brûlage s'équilibreront et ne donneront lieu à aucun crédit au titre de la séquestration du carbone ni à aucun débit au titre des émissions.

À l'heure actuelle, les opinions divergent, aux échelles nationale et internationale, sur les questions qui ne pourront être réglées que par le biais de négociations internationales. On espère que la question sera résolue d'ici 2001. Étant donné qu'il est fort probable que les plantations en blocs seront exploitées, contrairement aux plantations brise-vent, ces questions revêtent beaucoup plus d'importance pour les premières, surtout si l'on utilise des essences à croissance rapide. L'utilisation d'essences à croissance rapide signifie que ces questions seront importantes dès la première période d'engagement. À signaler toutefois que les arbres des plantations brise-vent finissent par mourir, ce qui peut

soulever les mêmes questions que la récolte, à moins que la plantation brise-vent ne devienne un peuplement d'âge inégal avec un couvert végétal permanent.

À long terme, les avantages nets de séquestration du carbone, outre le stockage du carbone dans les produits forestiers, ne se feront sentir que pour les terres converties de façon permanente en forêts. Lorsque la terre n'est que provisoirement convertie en forêt, le débit de déboisement annulera selon toute vraisemblance les crédits de boisement acquis auparavant. En d'autres termes, la conversion provisoire d'une terre en forêt ne produira de crédits de carbone à long terme que dans la mesure où les crédits seront accordés pour le stockage du carbone dans les produits forestiers. Ces crédits ne figurent pas dans notre analyse, car ils ne font pas actuellement partie du Protocole de Kyoto. Donc, dans la formulation actuelle du Protocole de Kyoto, le boisement provisoire ne fait « qu'emprunter » des crédits de carbone en prévision des débits futurs.

### *Évaluation de la rentabilité du boisement*

Pour les mesures de réduction des émissions, la rentabilité est le rapport de la valeur actualisée nette des coûts du cycle de vie d'une mesure à la réduction des émissions durant le cycle de vie. L'application de cette approche de la séquestration du carbone pose des problèmes liés à la dynamique et aux effets à long terme des mesures de boisement. Celles-ci se caractérisent par des coûts initiaux élevés et des avantages en matière de séquestration du carbone qui sont fonction du temps. Les avantages relatifs au carbone sont faibles pour commencer, et ce sera le cas au cours de la première période d'engagement, mais ils peuvent devenir très appréciables après plusieurs décennies. Par ailleurs, le « cycle de vie » de l'intervention n'est pas clair. L'utilisation de périodes différentes dans le calcul de la rentabilité peut aboutir à des résultats fort différents. C'est pourquoi nous avons décidé de présenter deux ensembles d'estimations, comme nous l'avons vu au tableau 3.2.1. Les deux utilisent le coût intégral du boisement, mais l'un n'utilise que le carbone séquestré durant la première période d'engagement, alors que l'autre utilise la totalité du carbone séquestré entre 2000 et 2050. Le deuxième ensemble ne tient pas compte de l'éventuelle reconversion des terres à des usages agricoles (déboisement) et des débits de carbone qui en résulteraient, non plus que des effets sur le carbone de la récolte suivie d'une régénération de la forêt. Cela vaut particulièrement pour les interventions de plantation d'arbres à croissance rapide.

Les longues périodes en jeu soulèvent également la question de l'actualisation du carbone physique, tout comme on actualise les valeurs monétaires. Suivant les conseils du Groupe de l'analyse et de la modélisation, nous n'avons pas actualisé le carbone séquestré, même si le plus gros avantage de la séquestration annuelle attribuable au boisement pourrait ne survenir que dans 30 ans ou plus, selon les essences choisies et le calendrier de plantation. Sans actualisation, on présume que l'avantage du carbone séquestré dans le futur est le même que celui du carbone séquestré aujourd'hui. Cette hypothèse comporte deux éléments connexes. Premièrement, elle signifie que, pour ce qui est de ralentir le changement climatique, la séquestration du carbone à long terme a la même incidence que la séquestration à court terme.

Le deuxième élément porte sur la meilleure façon d'engager des investissements pour réduire les émissions nettes du Canada à court terme (c.-à-d. au cours des 10 à 20 prochaines années), et surtout pour permettre au Canada de satisfaire à son engagement pour la période 2008-2012. Il s'agit en fait de déterminer les investissements les plus rentables pour la réduction des émissions et la séquestration, ce qui est l'un des principaux objectifs de la Stratégie nationale de mise en oeuvre. Lorsqu'on calcule la rentabilité en se servant de la séquestration à long terme et qu'on n'actualise pas le carbone, ou augmente la rentabilité des interventions de séquestration par rapport à d'autres interventions, même si la séquestration risque d'être relativement moins rentable pour ce qui est d'aider le Canada à atteindre son objectif au cours des premières périodes d'engagement. Dans une autre optique, on peut considérer que le boisement est une façon d'éviter les interventions de réduction des émissions plus coûteuses qu'il faudra peut-être prendre plus tard une fois que les premières mesures relativement bon marché auront été épuisées. La thèse avancée ici est que, si les interventions de boisement peuvent paraître coûteuses par rapport à d'autres mesures possibles à court ou à moyen termes, à plus long terme, le boisement se révélera utile, mais uniquement si les mesures sont prises dès aujourd'hui.

### 3.2.2 Obstacles au boisement et considérations politiques

#### *Obstacles au boisement*

Chaque intervention de boisement se heurte aux mêmes obstacles. Les principaux sont résumés ici et reposent en partie sur l'analyse de la section précédente :

- ≡ L'issue des négociations, notamment la définition du boisement et des stocks de carbone qui seront pris en compte, est incertaine. Par ailleurs, il se peut que les plantations brise-vent ne soient pas comprises dans la définition du boisement qui sera acceptée, mais on ne le saura pas avant la fin de 2000, au plus tôt.
- ≡ Une intervention de boisement comporte des coûts initiaux élevés au titre de la plantation et de l'entretien, de même que des coûts de renonciation au titre des terres affectées à la plantation d'arbres. Par opposition, la plantation d'arbres à d'autres fins que la séquestration du carbone procurera des avantages dans le futur, peut-être pas avant trois ou quatre décennies si l'on opte pour des essences à croissance plus lente.
- ≡ Il coûtera relativement cher d'élaborer, mettre en oeuvre et exécuter des programmes de boisement, notamment au titre des systèmes nécessaires pour mesurer, surveiller et vérifier la séquestration et les émissions.
- ≡ Même si le Canada possède une très vaste superficie qui peut être boisée, les terres qui se peuvent se prêter actuellement à une opération de boisement sont sans doute beaucoup plus limitées. Cela est en partie fonction des débouchés commerciaux qui s'offrent aux propriétaires fonciers et du niveau des incitatifs qui leur sont octroyés.

Les politiques et mécanismes généraux permettant de surmonter ces obstacles ne diffèrent généralement pas d'une intervention de boisement à l'autre; c'est pourquoi nous avons décidé de les résumer ici plutôt que de les répéter pour chaque intervention. Bien que cette section décrive divers mécanismes et politiques, les Tables du secteur forestier et des puits rappellent qu'une analyse plus fouillée s'impose pour préciser les caractéristiques détaillées du programme de boisement, ses objectifs et ses coûts. L'ampleur des interventions de boisement envisagées ici dépasse de loin tout effort jamais déployé par le Canada et d'autres pays; il semble donc prudent de commencer à une échelle modeste axée sur les possibilités les plus rentables et de progresser vers le haut à mesure que l'on acquiert de l'expérience. Comme nous l'avons déjà vu, nous prévoyons une période d'accélération modérée (2000-2005) pour tenir compte du temps qu'il faudra pour mettre en route les programmes de boisement. Cela donnera également le temps d'acquérir une certaine expérience, mais l'on pourrait opter pour une démarche encore plus lente.

#### *Mobilisation de divers participants aux programmes de boisement*

L'analyse ci-dessus des taux de participation et des coûts a essentiellement porté sur les propriétaires fonciers, puisque ce sont leurs terres qui seront boisées. Mais lorsqu'on s'interroge sur la meilleure façon de favoriser le boisement, on doit tenir compte à la fois des recettes potentielles et d'autres avantages du boisement, ainsi que des motivations et des rôles possibles de divers groupes qui pourraient participer aux activités de boisement, en dehors des propriétaires fonciers (voir tableau 3.2.4). Alors que les retombées commerciales et le rendement financier constituent l'un des principaux motifs de participation d'un grand nombre d'intervenants, il ne faut pas oublier qu'il existe quantités d'autres motifs possibles.

Dans la section précédente, nous avons clairement expliqué que l'obtention des taux de participation nécessaire risque fort d'être le principal obstacle aux interventions de boisement. Si nous présumons que le propriétaire prend en charge la totalité des trois types de coûts décrits précédemment, le coût global représente alors le niveau de l'incitatif qui devra lui être consenti pour qu'il participe au boisement, en l'absence d'autres avantages résultant de cette opération.

**Tableau 3.2.4**  
**Participants aux efforts de boisement**

Participant	Rôles possibles	Motivations	Condition de participation	Programme de boisement
<b>Participants dont les terres seront touchées</b>				
Agriculteurs (y compris les propriétaires de boisés)	Fournissent la terre, peuvent participer à l'établissement et à l'aménagement	Rendement financier ou du moins pas de pertes financières; entretien ou bonification de la terre (p. ex. esthétique, conservation du sol, biodiversité, restauration de la forêt)	Rendement financier au moins égal aux revenus actuels tirés de la terre, le cas échéant, compte tenu des risques; indication claire que la terre sera bonifiée	Plantations en blocs, plantations brise-vent, plantation d'arbres
Autres propriétaires terriens (p. ex. propriétaires non exploitants), y compris les propriétaires de boisés	Fournissent la terre, peuvent participer à l'établissement et à l'aménagement	Entretien ou bonification de la terre (p. ex. esthétique, conservation du sol, biodiversité, restauration de la forêt)	Preuve indéniable que la terre sera bonifiée; dédommagement au titre des coûts de plantation	Petites plantations en blocs, plantations brise-vent, plantation d'arbres
<b>Participants qui agissent comme intermédiaires</b>				
Courtiers, gérants	Mettent en liaison les parties intéressées; peuvent gérer des plantations; peuvent investir de l'argent	Rendement financier	Rendement financier au moins équivalent à d'autres investissements possibles, compte tenu des risques; système d'échange d'unités de carbone	Plantations en blocs
Investisseurs n'ayant que des motifs financiers	Investissement	Rendement financier	Rendement financier au moins équivalent à d'autres investissements possibles	Plantations en blocs
<b>Participants qui ont un intérêt direct dans les avantages du boisement sur le plan du carbone, du bois ou de l'environnement</b>				
Gouvernement fédéral et provinciaux	Investissement (par le biais d'incitatifs, d'un traitement fiscal favorable); établissement de normes, système d'échange de droits de carbone, établissement de systèmes de mesure, de surveillance et de vérification	Permet au Canada de remplir son engagement en matière de réduction d'émissions; création d'emplois ruraux, entretien ou bonification de la terre (p. ex. esthétique, conservation du sol, biodiversité, restauration de la forêt)	Rentable (par rapport à d'autres interventions possibles) et acceptable sur le plan politique; indication claire que la terre sera bonifiée	Plantations en blocs, plantations brise-vent, plantation d'arbres



Sociétés, municipalités (à qui la terre peut également appartenir)	Investissement (et traitement fiscal favorable dans le cas des municipalités)	Le carbone neutralisera leurs propres émissions	Rentable; reconnaissance que le carbone neutralise légitimement leurs émissions	Plantations en blocs, plantations brise-vent, plantation d'arbres
Compagnies de produits forestiers, sociétés d'énergie (à qui la terre peut également appartenir)	Investissement, aménagement	Approvisionnement en fibres dans le cadre d'usages existants ou potentiels	Approvisionnement économique par rapport à d'autres sources (bois existant pour les compagnies de produits forestiers; autres sources énergétiques pour les sociétés d'énergie)	Plantations en blocs, plantations brise-vent
Municipalités, citoyens qui se préoccupent de l'environnement, ONG	Quelques investissements, main-d'oeuvre de plantation et autres services « gratuits »	Esthétique, préoccupations pour l'environnement (biodiversité, conservation des sols, atténuation du changement climatique, habitat)	Indication claire que les objectifs environnementaux seront atteints	Plantations brise-vent, plantation d'arbres, plantations en blocs (?)

Il risque d'y avoir des différences entre les plantations en blocs et les plantations brise-vent en ce qui concerne l'ampleur des incitatifs nécessaires. Les plantations en blocs exigeront des propriétaires l'engagement d'une superficie nettement plus importante que les plantations brise-vent. Ces dernières utiliseront en général une partie relativement peu importante d'une ferme. Par opposition, l'échelle des plantations en blocs risque de faire perdre à une exploitation agricole son statut d'exploitation, et du même coup le traitement fiscal favorable dont elle bénéficie en vertu de la réglementation en vigueur. Des incitatifs plus importants ou différents seront donc sans doute nécessaires pour les plantations en blocs que pour les plantations brise-vent, même si nous n'en avons pas tenu compte dans l'analyse.

Les gouvernements peuvent verser l'incitatif sous forme d'un paiement direct ou d'une dépense fiscale, ou encore en fournissant gratuitement des semis et une aide directe aux propriétaires fonciers. Les gouvernements devront également prendre à leur charge divers autres coûts du programme de boisement, notamment les coûts de commercialisation, des matériels pédagogiques, du soutien technique, des systèmes de mesures et de surveillance du rendement des mesures de boisement et de séquestration du carbone, des systèmes de vérification du rendement de la séquestration en vue de l'octroi des unités de carbone et, enfin, les coûts d'administration des mécanismes d'incitation. En même temps, il y a d'autres retombées importantes des programmes de boisement qui devraient intéresser les gouvernements, notamment les éventuelles contributions à la diversification et à l'emploi ruraux.

Même si le gouvernement pourrait assumer la totalité des coûts des programmes de boisement, les Tables du secteur forestier et des puits sont d'avis que les programmes de boisement ne doivent pas être exclusivement financés par lui. En effet, le boisement a au moins trois avantages (en plus d'aider le Canada à satisfaire à ses engagements de Kyoto, ce qui constitue un intérêt de taille pour les gouvernements) susceptibles d'intéresser les propriétaires fonciers ou d'autres participants.

1. Même si les propriétaires seront tenus de modifier l'affectation actuelle de leurs terres lorsqu'ils les boisent, le bois peut être une source de recettes futures s'il est utilisé pour les produits forestiers ou la bioénergie. La valeur actuelle de la récolte future dépendra des essences cultivées, du délai écoulé avant la récolte et des prix futurs. L'intérêt actuel que suscite le boisement pour les produits forestiers ou la bioénergie est limité parce qu'il existe d'autres options relativement bon marché (bois provenant des terres publiques, bas prix des combustibles fossiles), et que le boisement à ces fins nécessitera sans doute des essences à croissance rapide sur des sites propices à la croissance des arbres (même si les sites peuvent avoir un rendement inférieur pour l'agriculture). Cela entraînera une hausse des coûts initiaux, mais également un rendement plus précoce des investissements.

Comme nous l'avons déjà vu toutefois, l'exploitation future des secteurs boisés soulève d'importantes questions quant à la comptabilisation des pertes de carbone qu'il faudra résoudre dans le cadre des négociations internationales.

**Nous n'avons pas tenu compte des estimations des recettes futures attribuables aux produits forestiers ou à la bioénergie dans le calcul du coût des interventions de boisement.** Dans la plupart des cas, le fait d'inclure ces recettes ne réduira pas de manière appréciable la valeur actualisée prévue des coûts. Cela s'explique par le fait que la valeur future actualisée des secteurs boisés pour la production de produits forestiers ou de bioénergie reflète deux effets compensatoires. À mesure que les arbres poussent, leur valeur commerciale (p. ex. en ce qui concerne les produits forestiers) augmente, mais cette augmentation est largement neutralisée par le coefficient d'actualisation qui permet d'obtenir la valeur actualisée en 2000. La valeur des arbres plantés à des fins commerciales peut être calculée en appliquant les redevances actuelles d'exploitation par volume (c.-à-d. les paiements versés aux gouvernements provinciaux au titre du bois récolté sur les terres publiques) au volume marchand des arbres sur pied à un moment quelconque dans le temps. L'application de ces taux aux interventions de boisement prévues avec des essences traditionnelles (c.-à-d. une superficie totale de 793 000 ha, à l'exclusion de l'intervention de plantation d'arbres à croissance rapide) donne une valeur actualisée commerciale de 3 millions \$ de 1997 pour les zones boisées d'ici 2010, selon un taux d'actualisation de 10 %. Si l'on utilise à la place un taux d'actualisation de 6 %, ce qui est une façon courante d'évaluer le bois, la valeur actualisée est alors d'environ 4 millions \$ de 1997. Même si le volume ligneux sera sensiblement plus important en 2030, l'effet de l'actualisation est tel que sa valeur actualisée n'aura atteint que 4 à 12 millions \$ de 1997, selon le taux d'actualisation. L'actualisation de cette valeur n'a qu'un effet marginal sur le coût net du boisement à l'aide d'essences traditionnelles à croissance plus lente.

Toutefois, lorsqu'on actualise la valeur de la superficie boisée pour obtenir des produits forestiers ou de la bioénergie, l'incidence est plus grande avec des essences à croissance rapide, étant donné que le taux de croissance des arbres est beaucoup plus rapide et que la récolte intervient beaucoup plus tôt. Nous fournissons une analyse de sensibilité à ce sujet dans l'analyse des interventions de plantation d'arbres à croissance rapide.

2. Le carbone proprement dit aura une valeur fondée sur la demande et l'offre futures d'unités de carbone, lesquels seront fonction du coût des autres possibilités de réduction des émissions et de séquestration du carbone applicables aux échelles nationale et internationale. Ce sont les systèmes qui seront créés pour l'échange national de droits de carbone qui détermineront si les propriétaires pourront recevoir cette valeur. Peut-être ces derniers devront-ils également prendre à leur charge les coûts liés à la valeur du carbone à cause du besoin de mesurer la séquestration si le carbone doit être acheté et vendu. Ici aussi, il faut tenir compte de la possibilité de responsabilités se rattachant aux débits attribuables au boisement, que la déperdition de carbone soit due à des causes naturelles, à la récolte ou au déboisement. **Nous n'avons pas tenu compte de la valeur des unités acquises au titre de la séquestration ou des réductions d'émissions dans l'analyse des interventions.**
3. Le boisement aura quantités d'autres avantages pour les propriétaires ou autres participants : restauration des forêts, aménagement d'habitats, conservation des sols, qualité de l'eau, esthétique, protection contre le vent et le soleil et autres avantages environnementaux sans valeur monétaire. Il se peut que certains propriétaires soient prêts à absorber une partie des coûts de plantation, d'entretien, de protection et de renonciation en raison de la valeur qu'ils attachent à ces avantages. Par exemple, advenant qu'un propriétaire attache beaucoup de valeur à l'augmentation de la biodiversité pouvant résulter des interventions de boisement, il exigera moins d'incitatifs pour boiser ses terres qu'un autre qui ne s'intéresse qu'au rendement financier. **Nous n'avons pas quantifié ces avantages non financiers.**

Il faudra sans doute offrir des incitatifs pour obtenir la participation de nombreux intervenants que ces avantages intéressent, même si les Tables du secteur forestier et des puits estiment que la mobilisation d'autres participants a des chances d'être le moyen le plus rentable d'atteindre les objectifs de boisement.

Outre ceux qui s'intéressent aux avantages pour l'environnement, au carbone ou à la récolte, il se peut qu'on arrive à susciter l'intérêt des propriétaires de vastes superficies où la végétation est régulièrement maîtrisée (p. ex. tonte de l'herbe), et pour qui la plantation d'arbres serait une solution intéressante. On pense notamment aux couloirs de transport d'électricité, aux couloirs routiers, aux décharges municipales qui ont atteint leur niveau de saturation, à certains secteurs de parcs commerciaux et industriels et aux secteurs qui entourent les mines et les carrières

désaffectées. Il se peut que la plantation d'arbres soit une option rentable pour remplacer la maîtrise de la végétation dans certains de ces secteurs, surtout si l'on peut compter sur la valeur du carbone supplémentaire.

La création d'un marché de carbone qui prévoit l'échange de droits de carbone résultant du boisement aura de profondes répercussions sur l'économie du boisement, tout comme sur les mesures d'énergie et de rendement. Un marché du carbone pourrait trouver des preneurs prêts à investir dans le boisement dans l'espoir d'utiliser ou de vendre le carbone. Plus la valeur du carbone sera élevée, moins il faudra offrir d'incitatifs pour les mesures de boisement, à condition que les propriétaires ou d'autres investisseurs puissent récolter les fruits de la valeur du carbone. Cependant, les systèmes de surveillance et de vérification que nécessite le boisement seront sans doute plus perfectionnés et coûteux lorsque le carbone pourra être échangé, d'autant plus qu'il faudra soumettre chaque secteur boisé à un régime de mesure, de surveillance et de vérification.

***Politiques possibles visant à encourager le boisement***

Le tableau 3.2.5 (page suivante) résume divers mécanismes et politiques qui pourraient faire partie intégrante d'un ou de plusieurs programmes de boisement afin d'encourager les plantations en blocs et les plantations brise-vent.

**Tableau 3.2.5**  
**Obstacles et politiques possibles visant le boisement au moyen de plantations en blocs et de plantations**  
**brise-vent**

Obstacles à la mise en oeuvre	Politiques possibles dans le cadre des programmes de boisement
<b>1. Manque de connaissances sur le boisement, le choix des sites, le choix des essences et préoccupations au sujet des incidences sur les terres</b>	<p><b>1.1 Aide technique et renseignements gratuits</b>  Responsables : gouvernement fédéral, gouvernements provinciaux, peut-être au moyen des instruments existants comme l'ARAP dans les Prairies; associations de propriétaires de boisés, associations forestières  Échéancier : lancer en 2000, dans le cadre des programmes de boisement  Coût : Inconnu</p> <p><b>1.2 Programme de commercialisation du boisement</b>  Responsable : gouvernement fédéral, gouvernements provinciaux, associations de propriétaires de boisés, associations forestières  Échéancier : lancer en 2000, dans le cadre des programmes de boisement  Coût : Inconnu</p> <p><b>1.3 Favoriser/commanditer la création d'associations de propriétaires fonciers comme source d'informations et d'aide.</b>  Responsables : gouvernement fédéral, gouvernements provinciaux  Échéancier : lancer en 2000, dans le cadre des programmes de boisement  Coût : Inconnu</p>
<b>2. Manque à gagner des propriétaires fonciers dû à l'affectation actuelle des terres</b>	<p><b>2.1 Paiement unique par hectare, 50 % versés à la plantation et engagement de boiser pendant une période précise, le solde étant réglé à l'établissement fructueux (stade de « l'établi »).</b> Le paiement maximal peut être établi selon la valeur estimative ou la valeur marchande des terres. La période d'engagement dépend en partie des essences.  Responsables : gouvernements fédéral et provinciaux, au moyen des instruments existants dans la mesure du possible; entreprises, municipalités ou autres intervenants désireux d'obtenir du carbone ou des fibres; accords de financement conjoints avec les gouvernements pour obtenir la participation d'un plus grand nombre d'entreprises  Échéancier : lancer en 2000, dans le cadre des programmes de boisement  Coût : dépend de l'emplacement et de l'affectation antérieure des terres, ainsi que de la durée de l'engagement du propriétaire; peut varier entre 0 \$/ha et 1 000 \$/ha</p> <p><b>2.2 Versement d'un loyer foncier annuel au commencement du programme de boisement, moyennant la prise d'un engagement pour une période précise.</b> La période d'engagement dépend en partie des essences.  Responsables : gouvernements fédéral et provinciaux, au moyen des instruments existants dans la mesure du possible; entreprises, municipalités ou autres intervenants désireux d'obtenir du carbone ou des fibres; accords de financement conjoints avec les gouvernements pour obtenir la participation d'un plus grand nombre d'entreprises  Échéancier : lancer en 2000, dans le cadre des programmes de boisement  Coût : dépend de l'emplacement et de l'affectation préalable des terres; peut varier entre 0 \$/ha et 100 \$/ha par an</p> <p><b>2.3 Paiement unique par hectare en vue d'ajouter une servitude de conservation à l'acte de concession de la terre.</b> La servitude entraînera l'obligation de maintenir la couverture forestière et (ou) imposera une restriction à certaines activités comme l'exploitation ou le déboisement. La servitude sera permanente en ce sens qu'elle demeurera en cas de changement de propriétaire.  Responsables : gouvernements fédéral et provinciaux  Échéancier : lancer en 2000  Coût : dépend de l'emplacement et de l'affectation antérieure des terres, peut varier entre 100 \$/ha et 3 000 \$/ha</p>

	<p><b>2.4 Faire en sorte que les fonds reçus au titre du boisement soient partiellement déductibles par le biais de crédits d'impôt.</b>  Responsable : gouvernements fédéral et provinciaux  Échéancier : lancer en 2000  Coût : dépense fiscale inconnue</p> <p><b>2.5 Créer un marché pour les unités de carbone englobant le carbone résultant du boisement, dans lequel les propriétaires fonciers, d'autres investisseurs dans les opérations de boisement et ceux qui s'intéressent aux unités de carbone résultant du boisement peuvent procéder à des échanges.</b>  Responsables : gouvernements fédéral et provinciaux  Échéancier : le plus vite possible  Coût : inconnu</p>
<p><b>3. Coûts que doivent engager le propriétaire ou les autres intervenants qui s'occupent de la plantation et de son entretien</b></p>	<p><b>3.1 Dédommagement intégral ou partiel (50-75 %) des propriétaires, qui prennent en charge la totalité des coûts annuels liés à l'établissement et à l'entretien, moyennant un plafond précis par an et par exploitation.</b>  Responsables : gouvernements fédéral et provinciaux, au moyen des instruments existants dans la mesure du possible; entreprises, municipalités ou autres intervenants désireux d'obtenir du carbone ou des fibres; accords de financement conjoints avec les gouvernements pour obtenir la participation d'un plus grand nombre d'entreprises  Échéancier : lancer en 2000, dans le cadre des programmes de boisement  Coût : dépendra de divers facteurs, notamment de l'emplacement, du type de boisement, des essences; peut varier entre 500 \$/ha et 3 500 \$/ha, sur plusieurs années, pour le dédommagement complet</p> <p><b>3.2 Semis à bas prix (10-25 %) ou gratuits</b>  Responsables : gouvernements fédéral et provinciaux, au moyen des instruments existants dans la mesure du possible; entreprises, municipalités ou autres intervenants désireux d'obtenir du carbone ou des fibres; accords de financement conjoints avec les gouvernements pour obtenir la participation d'un plus grand nombre d'entreprises  Échéancier : lancer en 2000, dans le cadre des programmes de boisement  Coût : dépendra des essences utilisées et de la disponibilité – le coût type des semis se chiffre entre 200 et 400 \$/ha</p> <p><b>3.3 Main-d'oeuvre fournie, ou coûts réglés intégralement ou partiellement</b>  Responsables : gouvernements fédéral et provinciaux, au moyen des instruments existants dans la mesure du possible, notamment des programmes d'emploi; entreprises, municipalités ou autres intervenants désireux d'obtenir du carbone ou des fibres; accords de financement conjoints avec les gouvernements pour obtenir la participation d'un plus grand nombre d'entreprises  Échéancier : lancer en 2000, dans le cadre des programmes de boisement  Coût : dépendra des taux de rémunération et des caractéristiques de la préparation du site, de la plantation et de l'entretien – pourra varier entre 500 et 2 500 \$/ha</p> <p><b>3.4 Réforme des règlements fiscaux pour permettre de déduire les dépenses de boisement non provisionnées l'année où elles sont engagées ou de traiter la plantation d'arbres comme une récolte agricole (à long terme)</b>  Responsables : gouvernements fédéral et provinciaux  Échéancier : lancer en 2000  Coût : dépense fiscale inconnue</p> <p><b>3.5 Faire en sorte que les fonds reçus au titre du boisement soient partiellement déductibles par le biais de crédits d'impôt.</b>  Responsables : gouvernements fédéral et provinciaux  Échéancier : lancer en 2000  Coût : dépense fiscale inconnue</p>



---

**IMPORTANT NOTE CONCERNING THE FOLLOWING  
PAGES**

**THE PAGES WHICH FOLLOW HAVE BEEN FILMED  
TWICE IN ORDER TO OBTAIN THE BEST  
REPRODUCTIVE QUALITY**

**USERS SHOULD CONSULT ALL THE PAGES  
REPRODUCED ON THE FICHE IN ORDER TO OBTAIN  
A COMPLETE READING OF THE TEXT.**

---

**REMARQUE IMPORTANTE CONCERNANT LES  
PAGES QUI SUIVENT**

**LES PAGES SUIVANTES ONT ÉTÉ REPRODUITES EN  
DOUBLE AFIN D'AMÉLIORER LA QUALITÉ DE  
REPRODUCTION**

**LES UTILISATEURS DOIVENT CONSULTER TOUTES  
LES PAGES REPRODUITES SUR LA FICHE AFIN  
D'OBTENIR LA LECTURE DU TEXTE INTÉGRAL**

	<b>3.6 Modifier le régime d'impôts fonciers pour que les impôts perçus sur les terres boisées soient analogues à ceux qui sont perçus sur les terres agricoles</b> Responsables : gouvernements municipaux et provinciaux Échéancier : lancer en 2000 Coût : dépense fiscale inconnue
<b>4. Pénurie de semis des essences nécessaires au boisement</b>	<b>4.1 Octroyer des subventions ou des prêts à faible taux d'intérêt pour les investissements engagés dans des pépinières</b> Responsables : gouvernements fédéral et provinciaux Échéancier : lancer en 2000, dans le cadre des programmes de boisement Coût : inconnu
<b>5. Incertitude entourant le potentiel de séquestration et les systèmes de mesure, de surveillance et de vérification</b>	<b>5.1 Incitatifs supplémentaires octroyés aux premiers propriétaires qui participent à des projets pilotes pour confirmer l'accroissement et le rendement, surtout en ce qui concerne les jeunes arbres</b> Responsables : gouvernements fédéral et provinciaux Échéancier : lancer en 2000, dans le cadre des programmes de boisement Coût : inconnu <b>5.2 Incitatifs supplémentaires octroyés aux premiers propriétaires qui participent à des projets pilotes afin d'aider à mettre au point des protocoles de mesure, de surveillance et de vérification de la séquestration</b> Responsables : gouvernements fédéral et provinciaux Échéancier : lancer en 2000, dans le cadre des programmes de boisement Coût : inconnu <b>5.3 Garanties de séquestration minimum de carbone dans le cadre des premiers projets de boisement pour les propriétaires et autres investisseurs, à cause de la valeur potentielle du carbone</b> Responsables : gouvernements fédéral et provinciaux Échéancier : lancer en 2000, dans le cadre des programmes de boisement Coût : inconnu

### 3.2.3 Intervention : Plantations d'essences à croissance rapide

**INTERVENTION :** Planter 50 000 ha de terres privées au Canada sur cinq ans (2001 à 2005), avec des essences à croissance rapide

Cette intervention part de l'hypothèse que 50 000 ha de terres privées seront plantées au Canada d'essences à croissance rapide, à la cadence de 10 000 ha par an entre 2001 et 2005. L'analyse repose sur la plantation de peupliers hybrides, mais d'autres essences comme le saule pourront être utilisées. Les peuplements de peupliers hybrides commencent à s'éclaircir naturellement vers l'âge de 30 ans et se dégradent rapidement. On dispose de peu de données sur l'effondrement des peuplements de peupliers, mais on estime qu'à l'âge de 50 ans, un peuplement est presque entièrement détruit et que le carbone de la biomasse des arbres est minime.

En plus de séquestrer du carbone, les arbres peuvent servir à d'autres utilisations, comme les cultures-abris. Dans certaines régions du pays, comme le sud de l'Ontario, la plantation de peupliers hybrides sur des terres agricoles inutilisées créera des conditions propices au passage à des forêts de feuillus indigènes qui absorberont du carbone sur une période beaucoup plus longue que les peupliers hybrides. Les secteurs des produits forestiers et de l'énergie pourraient être vivement intéressés par la plantation et la récolte d'arbres à croissance rapide qui serviront à la fabrication de produits forestiers, comme la pâte et les panneaux à particules orientées, ou de bioénergie.

Comme nous l'avons vu dans la section qui précède, l'industrie des produits forestiers du Canada et des États-Unis manifeste un regain d'intérêt commercial pour les plantations de peupliers hybrides. L'âge d'exploitation type est de 12 à 15 ans au Canada, ce qui veut dire que les secteurs plantés en 2000 pourront être exploités entre 2012 et 2015. Ainsi, l'exploitation débutera soit à la fin de la première période d'engagement soit immédiatement après. Ce qui soulève la question de l'horizon temporel des unités et des débits potentiels de carbone. Le potentiel de débits de

	<b>3.6 Modifier le régime d'impôts fonciers pour que les impôts perçus sur les terres boisées soient analogues à ceux qui sont perçus sur les terres agricoles</b> Responsables : gouvernements municipaux et provinciaux Échéancier : lancer en 2000 Coût : dépense fiscale inconnue
<b>4. Pénurie de semis des essences nécessaires au boisement</b>	<b>4.1 Octroyer des subventions ou des prêts à faible taux d'intérêt pour les investissements engagés dans des pépinières</b> Responsables : gouvernements fédéral et provinciaux Échéancier : lancer en 2000, dans le cadre des programmes de boisement Coût : inconnu
<b>5. Incertitude entourant le potentiel de séquestration et les systèmes de mesure, de surveillance et de vérification</b>	<b>5.1 Incitatifs supplémentaires octroyés aux premiers propriétaires qui participent à des projets pilotes pour confirmer l'accroissement et le rendement, surtout en ce qui concerne les jeunes arbres</b> Responsables : gouvernements fédéral et provinciaux Échéancier : lancer en 2000, dans le cadre des programmes de boisement Coût : inconnu
	<b>5.2 Incitatifs supplémentaires octroyés aux premiers propriétaires qui participent à des projets pilotes afin d'aider à mettre au point des protocoles de mesure, de surveillance et de vérification de la séquestration</b> Responsables : gouvernements fédéral et provinciaux Échéancier : lancer en 2000, dans le cadre des programmes de boisement Coût : inconnu
	<b>5.3 Garanties de séquestration minimum de carbone dans le cadre des premiers projets de boisement pour les propriétaires et autres investisseurs, à cause de la valeur potentielle du carbone</b> Responsables : gouvernements fédéral et provinciaux Échéancier : lancer en 2000, dans le cadre des programmes de boisement Coût : inconnu

### 3.2.3 Intervention : Plantations d'essences à croissance rapide

**INTERVENTION :** Planter 50 000 ha de terres privées au Canada sur cinq ans (2001 à 2005), avec des essences à croissance rapide

Cette intervention part de l'hypothèse que 50 000 ha de terres privées seront plantées au Canada d'essences à croissance rapide, à la cadence de 10 000 ha par an entre 2001 et 2005. L'analyse repose sur la plantation de peupliers hybrides, mais d'autres essences comme le saule pourront être utilisées. Les peuplements de peupliers hybrides commencent à s'éclaircir naturellement vers l'âge de 30 ans et se dégradent rapidement. On dispose de peu de données sur l'effondrement des peuplements de peupliers, mais on estime qu'à l'âge de 50 ans, un peuplement est presque entièrement détruit et que le carbone de la biomasse des arbres est minime.

En plus de séquestrer du carbone, les arbres peuvent servir à d'autres utilisations, comme les cultures-abris. Dans certaines régions du pays, comme le sud de l'Ontario, la plantation de peupliers hybrides sur des terres agricoles inutilisées créera des conditions propices au passage à des forêts de feuillus indigènes qui absorberont du carbone sur une période beaucoup plus longue que les peupliers hybrides. Les secteurs des produits forestiers et de l'énergie pourraient être vivement intéressés par la plantation et la récolte d'arbres à croissance rapide qui serviront à la fabrication de produits forestiers, comme la pâte et les panneaux à particules orientées, ou de bioénergie.

Comme nous l'avons vu dans la section qui précède, l'industrie des produits forestiers du Canada et des États-Unis manifeste un regain d'intérêt commercial pour les plantations de peupliers hybrides. L'âge d'exploitation type est de 12 à 15 ans au Canada, ce qui veut dire que les secteurs plantés en 2000 pourront être exploités entre 2012 et 2015. Ainsi, l'exploitation débutera soit à la fin de la première période d'engagement soit immédiatement après. Ce qui soulève la question de l'horizon temporel des unités et des débits potentiels de carbone. Le potentiel de débits de

carbone est lié à la façon dont l'exploitation des secteurs boisés et le stockage du carbone dans les produits forestiers seront traités dans le Protocole de Kyoto. Ces questions ont été abordées plus haut, et on a fait remarquer qu'elles soulevaient des divergences d'opinions. Si l'exploitation n'est pas comptabilisée comme débit, la question ne se pose plus. Par contre, si le Protocole exige la comptabilisation des débits résultant de l'exploitation des secteurs boisés, l'horizon temporel des crédits et des débits devient alors important.

**Tableau 3.2.6**  
**Coûts de l'intervention et incidences sur les GES de plantations à croissance rapide**

	Estimation	Hypothèses
<b>Programme de plantation</b> ≡ période de plantation	5 ans	- le programme débute en 2000, et la plantation en 2001
≡ superficie plantée par an	10 000 ha/an	- pas d'augmentation graduelle des activités : la
≡ plantation totale	50 000 ha	plantation débute immédiatement à raison de 10 000 ha/an
<b>Séquestration différentielle de CO<sub>2</sub></b> ≡ 2010 ≡ 2000-2050, moyenne annuelle	1,31 Mt CO <sub>2</sub> voir note	- n'englobe que la biomasse aérienne et souterraine; les émissions dues aux combustibles fossiles utilisés dans la plantation sont incluses dans les estimations; la séquestration nette de carbone dans la terre avant la plantation est évaluée à 0; utilise les courbes de croissance des peupliers hybrides
<b>Coûts</b> ≡ coût de plantation moyen (\$ 1997)	3 395 \$/ha	- englobe les coûts de préparation du site, des semis, des soins de suivi et de main-d'oeuvre
≡ coût de renonciation annuel moyen (\$ 1997)	25 \$/ha/an	
<b>Calculs des coûts</b> ≡ VAN des coûts de plantation (\$ 1997)	130,8 millions \$	- selon un taux d'actualisation de 10 %
≡ VAN du coût de renonciation (\$ 1997)	10,4 millions \$	- selon un taux d'actualisation de 10 % et le versement de paiements pendant 25 ans
≡ rentabilité (\$ 1997/ tonne) ≡ 2008-2012	22,2 \$/t CO <sub>2</sub>	- selon la séquestration totale de carbone non actualisé, 2008-2012

Note : Nous présumons que l'exploitation se fait à l'âge de 13-15 ans et que le secteur est replanté. Entre 2000 et 2050, la séquestration nette de carbone dépendra soit du passage à une forêt naturelle soit de la façon dont l'exploitation des secteurs boisés et le carbone stocké dans les produits forestiers ou les combustibles qui en résultent sont comptabilisés dans le Protocole.

Nous présumons que, si la plantation est exploitée, cela se fera dans le cadre d'un cycle continu de plantation et de récolte à des fins industrielles et que l'effet à long terme sera un accroissement du réservoir de carbone, surtout si une partie du carbone est stockée dans les produits forestiers. Toutefois, la séquestration annuelle nette variera dans le temps tout comme les unités nettes que le Canada pourra comptabiliser. Advenant que ce cycle continu ne se produise pas (c.-à-d. que les secteurs ne retournent pas à l'état de forêts), il y aura alors un débit dû au déboisement, qui reflètera le retour du secteur boisé à une autre affectation.

L'élément clé est que, si l'on plante des essences à croissance rapide, il se peut que le Canada doive accepter des débits qui neutraliseront certains des crédits dès la première période d'engagement, à cause de la croissance rapide et de la longévité relativement courte des arbres. Bien sûr, toutes les autres interventions de plantation soulèvent les mêmes questions, mais pas avant plusieurs décennies. Par souci de simplicité, nous avons présumé dans notre analyse qu'aucune récolte ne surviendrait au cours de la première période d'engagement (l'exploitation se fait à l'âge de 13-15 ans), de sorte que l'absorption durant cette période est sans ambiguïté et qu'il est impossible qu'un débit se





rattache à la récolte. Une récolte anticipée pourrait réduire la séquestration nette au cours de la première période d'engagement. Au cours de la période 2000-2050, la séquestration nette de carbone dépendra de la façon dont se produit le passage à une forêt naturelle ou de la façon dont l'exploitation des secteurs boisés et le carbone stocké dans les produits forestiers qui en résultent sont traités dans le Protocole.

Si nous présumons que l'exploitation et le carbone stocké dans les produits forestiers ne sont pas comptabilisés, comme c'est actuellement le cas dans le Protocole, la comptabilisation des autres unités de carbone dépendra alors de la définition du boisement et du reboisement. Si l'on utilise les définitions du GIEC, la replantation du secteur exploité ne donnera lieu à aucune autre unité (alors que la non-replantation équivaldra à un déboisement et donnera lieu à un débit). Dans ce cas, l'effet net sera l'unité unique équivalant au boisement initial.

**Tableau 3.2.7**  
**Répercussions régionales des plantations à croissance rapide**

Province	Superficie plantée (ha)	Mt CO <sub>2</sub> séquestré 2010	VAN, coûts de plantation et de renonciation (millions \$ 1997)	Rentabilité (\$ 1997/t CO <sub>2</sub> ) 2008-2012
C.-B.	5 000	0,16	14,1	18,1
Prairies	27 500	0,69	77,7	23,2
Ontario	7 500	0,20	21,2	21,8
Québec	7 500	0,20	21,2	21,8
Atlantique	2 500	0,06	7,1	26,2
<b>TOTAL</b>	<b>50 000</b>	<b>1,31</b>	<b>141,2</b>	<b>22,2</b>

Les superficies régionales que l'on destine à une plantation ont été sélectionnées en fonction d'une évaluation approximative des terres disponibles et du niveau d'intérêt actuel, qui est particulièrement élevé en Alberta. Les différences au niveau de la séquestration et de la rentabilité entre les régions reflètent les hypothèses sur les variations des courbes de croissance. En général, c'est le sud de la C.-B. qui affiche la productivité la plus élevée, alors que l'est du Canada et le centre de la C.-B. ont une productivité moyenne et les Prairies, une productivité plus faible.

Lorsqu'on tient compte des coûts de plantation et de renonciation, la séquestration de 1,3 Mt CO<sub>2</sub> en 2010 a une rentabilité de 22,2 \$ 1997/t CO<sub>2</sub> entre 2008 et 2012. Si les plantations sont exploitées, les recettes tirées de l'utilisation du bois dans les produits forestiers ou pour la bioénergie neutralisent partiellement ces coûts. Si nous présumons que les arbres sont récoltés à l'âge de 13 ans, trois récoltes sont alors possibles d'ici 2050. L'utilisation d'un taux d'actualisation de 10 % donne une valeur actualisée de 14 à 27 millions \$ 1997 pour les récoltes, le montant le plus bas étant fondé sur une valeur marchande estimative actuelle de la bioénergie de 4,6 \$ 1997/m<sup>3</sup> de bois (nette des coûts d'abattage et de transport), alors que le montant le plus élevé repose sur une valeur marchande estimative des produits forestiers de 9,7 \$ 1997/m<sup>3</sup>. La comptabilisation de ces recettes fait baisser la rentabilité de l'intervention de 22 \$/t CO<sub>2</sub> à 18-20 \$/t CO<sub>2</sub>, mais nous tenons à préciser que nous n'avons pas tenu compte de l'éventualité de débits de carbone.

### 3.2.4 Intervention : Plantations brise-vent dans les provinces des Prairies

**INTERVENTION :**     *Établir des plantations brise-vent sur des terres privées dans les provinces des Prairies chaque année entre 2001 et 2015 (15 ans), avec une cible de plantation de 13 000 ha par an*

Cette intervention part de l'hypothèse que, en première approximation, environ 169 000 ha de terres privées pourront être plantées de plantations brise-vent sur 15 ans dans la région des Prairies. La cadence annuelle de plantation visée sera de 13 000 ha par an, avec une accélération graduelle entre 2001 et 2005 jusqu'à l'atteinte de l'objectif visé. Cette

rattache à la récolte. Une récolte anticipée pourrait réduire la séquestration nette au cours de la première période d'engagement. Au cours de la période 2000-2050, la séquestration nette de carbone dépendra de la façon dont se produit le passage à une forêt naturelle ou de la façon dont l'exploitation des secteurs boisés et le carbone stocké dans les produits forestiers qui en résultent sont traités dans le Protocole.

Si nous présumons que l'exploitation et le carbone stocké dans les produits forestiers ne sont pas comptabilisés, comme c'est actuellement le cas dans le Protocole, la comptabilisation des autres unités de carbone dépendra alors de la définition du boisement et du reboisement. Si l'on utilise les définitions du GIEC, la replantation du secteur exploité ne donnera lieu à aucune autre unité (alors que la non-replantation équivaudra à un déboisement et donnera lieu à un débit). Dans ce cas, l'effet net sera l'unité unique équivalant au boisement initial.

**Tableau 3.2.7**  
**Répercussions régionales des plantations à croissance rapide**

Province	Superficie plantée (ha)	Mt CO <sub>2</sub> séquestré 2010	VAN, coûts de plantation et de renonciation (millions \$ 1997)	Rentabilité (\$ 1997/t CO <sub>2</sub> ) 2008-2012
C.-B.	5 000	0,16	14,1	18,1
Prairies	27 500	0,69	77,7	23,2
Ontario	7 500	0,20	21,2	21,8
Québec	7 500	0,20	21,2	21,8
Atlantique	2 500	0,06	7,1	26,2
<b>TOTAL</b>	<b>50 000</b>	<b>1,31</b>	<b>141,2</b>	<b>22,2</b>

Les superficies régionales que l'on destine à une plantation ont été sélectionnées en fonction d'une évaluation approximative des terres disponibles et du niveau d'intérêt actuel, qui est particulièrement élevé en Alberta. Les différences au niveau de la séquestration et de la rentabilité entre les régions reflètent les hypothèses sur les variations des courbes de croissance. En général, c'est le sud de la C.-B. qui affiche la productivité la plus élevée, alors que l'est du Canada et le centre de la C.-B. ont une productivité moyenne et les Prairies, une productivité plus faible.

Lorsqu'on tient compte des coûts de plantation et de renonciation, la séquestration de 1,3 Mt CO<sub>2</sub> en 2010 a une rentabilité de 22,2 \$ 1997/t CO<sub>2</sub> entre 2008 et 2012. Si les plantations sont exploitées, les recettes tirées de l'utilisation du bois dans les produits forestiers ou pour la bioénergie neutralisent partiellement ces coûts. Si nous présumons que les arbres sont récoltés à l'âge de 13 ans, trois récoltes sont alors possibles d'ici 2050. L'utilisation d'un taux d'actualisation de 10 % donne une valeur actualisée de 14 à 27 millions \$ 1997 pour les récoltes, le montant le plus bas étant fondé sur une valeur marchande estimative actuelle de la bioénergie de 4,6 \$ 1997/m<sup>3</sup> de bois (nette des coûts d'abattage et de transport), alors que le montant le plus élevé repose sur une valeur marchande estimative des produits forestiers de 9,7 \$ 1997/m<sup>3</sup>. La comptabilisation de ces recettes fait baisser la rentabilité de l'intervention de 22 \$/t CO<sub>2</sub> à 18-20 \$/t CO<sub>2</sub>, mais nous tenons à préciser que nous n'avons pas tenu compte de l'éventualité de débits de carbone.

### 3.2.4 Intervention : Plantations brise-vent dans les provinces des Prairies

**INTERVENTION :** *Établir des plantations brise-vent sur des terres privées dans les provinces des Prairies chaque année entre 2001 et 2015 (15 ans), avec une cible de plantation de 13 000 ha par an*

Cette intervention part de l'hypothèse que, en première approximation, environ 169 000 ha de terres privées pourront être plantées de plantations brise-vent sur 15 ans dans la région des Prairies. La cadence annuelle de plantation visée sera de 13 000 ha par an, avec une accélération graduelle entre 2001 et 2005 jusqu'à l'atteinte de l'objectif visé. Cette

intervention fait fond sur l'intérêt actuel pour les programmes visant à promouvoir les plantations brise-vent, que l'on établit dans les Prairies depuis des dizaines d'années pour assurer la conservation des sols et protéger les exploitations agricoles contre le vent; la majeure partie de ces plantations est financée par l'Administration de rétablissement agricole des Prairies (ARAP). À l'heure actuelle, au moins 20 000 exploitations agricoles de la région ont des brise-vent, qui couvrent une superficie moyenne de 1,5 ha par exploitation. Aux fins de cette intervention, nous présumons que des plantations brise-vent assez larges (quatre rangées d'arbres) seront établies à la place des une ou deux rangées habituelles, mais une intervention plus générale pourrait encourager tous les types de plantations brise-vent (à une seule rangée, à plusieurs rangées, ripariennes, etc.). L'un des avantages des plantations brise-vent est qu'elles peuvent être établies autour des champs sans qu'il soit besoin d'en abandonner la culture, comme ce serait le cas avec les plantations en blocs. L'intérêt des plantations brise-vent tient donc au fait qu'elles augmentent l'attrait de la plantation d'arbres. Toutefois, elles peuvent entraîner des coûts supplémentaires dus à l'érection de clôtures pour protéger les jeunes arbres du bétail.

Nous présumons que des plantations brise-vent seront établies dans les secteurs où la productivité du sol est jugée piètre ou moyenne à des fins agricoles, principalement dans la moitié sud de la région, puisque ce sont ces secteurs qui profiteraient le plus des brise-vent pour atténuer l'érosion du sol et augmenter le rendement des cultures. Des plantations brise-vent pourront également être établies dans d'autres secteurs. Lorsque la productivité du sol n'est guère élevée, les secteurs plantés soustrairont une partie des terres aux cultures et aux pâturages, de sorte que les terres ainsi plantées auront plus de valeur que la moyenne des terres agricoles à rendement marginal. Nous présumons également que, grâce aux incitatifs offerts, environ 17 % des exploitations agricoles des Prairies planteront des brise-vent sur environ 10 ha par exploitation, ce qui est considéré comme un objectif très ambitieux, mais réalisable. Sur la base de 5 ha seulement par exploitation, il faudra que 35 % de toutes les exploitations participent à ce programme, ce qui est un taux assez élevé.

**Tableau 3.2.8**  
**Coûts de l'intervention et incidences sur les GES de la plantation de brise-vent dans les Prairies**

	Estimation	Hypothèses
<b>Programme de plantation</b>		
≡ période de plantation	15 ans	- le programme débute en 2000, et la plantation en 2001;
≡ superficie plantée par an	13 000 ha/an	- accélération sur 5 ans pour atteindre la cadence de plantation annuelle en 2005
≡ plantation totale	169 000 ha	
<b>Séquestration différentielle de CO<sub>2</sub></b>		
≡ 2010	0,15 Mt CO <sub>2</sub>	- englobe à la fois la biomasse aérienne et souterraine; les émissions dues aux combustibles fossiles utilisés dans la plantation sont comprises dans les estimations; la séquestration de carbone dans le sol n'est pas comprise; la séquestration nette de carbone avant la plantation des brise-vent est censée être nulle
≡ 2000-2050, moyenne annuelle	0,58 Mt CO <sub>2</sub> /an	
<b>Coûts</b>		
≡ coût de plantation moyen (\$ 1997)	1 290 \$/ha	- englobe les coûts de préparation du site, des semis, des soins de suivi et de main-d'oeuvre
≡ coût de renonciation annuel moyen (\$ 1997)	10 \$/ha/an	
<b>Calculs des coûts</b>		
≡ VAN des coûts de plantation (\$ 1997)	98,7 millions \$	- selon un taux d'actualisation de 10 %
≡ VAN du coût de renonciation (\$ 1997)	8,5 millions \$	- selon un taux d'actualisation de 10 % et le versement de paiements pendant 25 ans
≡ rentabilité (\$ 1997/ tonne) - 2008-2012	140,7 \$/t CO <sub>2</sub>	- selon la séquestration totale du carbone non actualisé, 2008-2012

- 2000-2050	3,7 \$/t CO <sub>2</sub>	- selon la séquestration totale du carbone non comptabilisé, 2000-2050
-------------	--------------------------	--

Les essences utilisées dans les brise-vent et leurs proportions seront déterminées en fonction des succès du passé et des essences qu'on a le plus de chances de trouver dans les pépinières existantes. En faisant l'analyse de cette intervention, nous avons présumé que l'utilisation future du bois n'était pas un facteur décisif dans le choix des essences. Certes, on pourra encourager les essences à croissance plus rapide pour maximiser la séquestration de CO<sub>2</sub> durant la première période d'engagement, tandis que d'autres essences conviendront mieux pour la séquestration à long terme.

**Tableau 3.2.9**  
**Répercussions régionales des plantations brise-vent dans les Prairies**

Province	Cadence de plantation (ha/an)	Mt CO <sub>2</sub> séquestré 2010	Mt CO <sub>2</sub> séquestré par an 2000-2050	VAN des coûts de plantation et de renonciation (millions \$/1997)	Rentabilité	
					\$ 1997/t CO <sub>2</sub> 2008-2012	\$ 1997/t CO <sub>2</sub> 2000-2050
Alberta	6 600	0,08	0,30	54,5	135,7	3,6
Saskatchewan	5 150	0,06	0,22	42,4	148,6	3,8
Manitoba	1 250	0,01	0,06	10,3	137,6	3,6
<b>TOTAL</b>	<b>13 000</b>	<b>0,15</b>	<b>0,58</b>	<b>107,2</b>	<b>140,7</b>	<b>3,7</b>

Il faut signaler que le niveau de séquestration au cours de la première période d'engagement dépend dans une large intervention des essences choisies et de l'hypothèse relative au calendrier de plantation – par exemple, si la plantation est reportée à 2005, cela aura pour effet d'abaisser la séquestration en 2010 de 0,15 Mt CO<sub>2</sub> à 0,05 Mt CO<sub>2</sub>. Quelle que soit l'année où débute la plantation, la séquestration de carbone se poursuivra après 2050, selon les essences utilisées, de sorte que le coût par tonne de CO<sub>2</sub> séquestré envisagé sur une période plus longue que 2000-2050 sera sans doute inférieur à celui qui figure dans le tableau ci-dessus.

Les coûts d'établissement des plantations brise-vent varieront considérablement d'un site à l'autre et sont incertains, car, jusqu'ici, les programmes de plantation de brise-vent ont compté dans une large intervention sur une main-d'oeuvre bénévole et sur des semis gratuits. Les coûts de renonciation sont très incertains. Nous avons présumé un coût de renonciation de 10 \$/ha/an, soit nettement moins que la valeur de location annuelle moyenne des terres agricoles dans les Prairies, qui est d'environ 100 \$-120 \$/ha/an. Les brise-vent seront sans doute plantés sur des terres dont la valeur agricole est inférieure à la moyenne, mais l'utilisation d'un chiffre de 100 \$/ha/an plutôt que de 10 \$/ha/an témoigne de la sensibilité de nos résultats à l'hypothèse relative aux coûts de renonciation. L'utilisation du montant le plus élevé a pour effet de faire passer le coût à 210 \$/t CO<sub>2</sub> au cours de la première période d'engagement et à 5,5 \$/t CO<sub>2</sub> entre 2000 et 2050. Les écarts régionaux reflètent les différences dans la superficie que l'on juge disponible, la distribution des essences plantées et les superficies de terre à sol moyen et piètre qui sont plantées.

#### **Programme de brise-vent de l'Administration du rétablissement agricole des Prairies**

L'Administration du rétablissement agricole des Prairies (ARAP) appuie depuis longtemps un programme de plantation de brise-vent dans les prairies. Des bandes d'arbres et d'arbustes de grande taille sont plantées sur les pourtours des champs et autour des bâtiments. L'ARAP produit et fournit les semis d'arbres et arbustes, et les coûts de transport et de plantation (en moyenne 0,03 \$ par arbre ou arbuste) sont défrayés par le producteur (Kort, 1999). Des estimations récentes (Turnock, 1999) du potentiel de séquestration du carbone des brise-vent plantés aux rythmes habituels depuis 1990 suggèrent que, si la plantation de brise-vent se poursuit, on pourrait séquestrer jusqu'à 0,36 Mt CO<sub>2</sub> par an au cours de la première période d'engagement. Sur la base des 142 144 000 arbres et arbustes qui ont été distribués, et des projections de distribution pour la période de 1990 à 2012, la plantation couvrirait un total de plus de 76 000 ha, soit 3 400 ha par an en moyenne (Kord, 1999).

Il ne semble pas y avoir de chevauchement entre cette situation et l'intervention de plantation de brise-vent décrite plus haut. Cependant, l'intervention de type ARAP n'a pas été incluse avec les autres, parce qu'aucune analyse adéquate n'avait été effectuée. Les grandes différences entre les deux estimations de séquestration sont les suivantes : les densités de plantation de l'ARAP sont plus élevées, le taux de survie est de 70 %, et le programme inclut 20 espèces d'arbres et d'arbustes dont un grand nombre ont une croissance rapide par rapport aux espèces traditionnellement utilisées en foresterie. Les calculs de Turnock sont basés sur une équation propre à l'espèce développée par l'ARAP pour les données de gain en carbone recueillies sur les espèces courantes d'arbres et d'arbustes. La séquestration du carbone souterrain n'est pas incluse dans l'estimation de Turnock.

### 3.2.5 Intervention : Plantations en blocs dans les provinces des Prairies

**INTERVENTION :** *Établir des plantations en blocs sur des terres privées dans les provinces des Prairies chaque année entre 2001 et 2015 (15 ans), avec une cible de plantation de 20 000 ha par an*

Cette intervention part de l'hypothèse que, en première approximation, environ 260 000 ha de terres privées seront plantées de plantations en blocs sur 15 ans dans la région des Prairies. La cadence annuelle de plantation visée sera de 20 000 ha par an, avec une accélération pour atteindre la pleine cadence de plantation annuelle d'ici 2005. Cette intervention présuppose que les propriétaires s'engagent à soustraire des parcelles de leur exploitation agricole à leurs affectations agricoles actuelles, si elles en ont, et les affectent à la plantation d'arbres. La taille des plantations en blocs variera selon les dimensions des exploitations et l'intérêt des propriétaires.

Nous présumons que les efforts visant à promouvoir les plantations en blocs cibleront les régions dont la productivité du sol est relativement favorable à la croissance des arbres, principalement dans la moitié sud de la région. Même si la productivité des sols est relativement bonne pour les arbres, il ne sera pas toujours nécessaire de soustraire les secteurs plantés aux cultures et aux pâturages étant donné que l'objectif primordial est de boiser des terres agricoles à rendement marginal (c.-à-d. qui ne sont pas utilisées ou qui sont mal adaptées aux affectations agricoles). Les essences utilisées dans les plantations en blocs et leurs proportions seront déterminées par les attentes quant aux meilleures utilisations futures possibles des plantations, que ce soit à des fins environnementales (restauration des forêts, habitats, etc.), ou pour la production de produits forestiers ou d'énergie. L'analyse de cette intervention n'a pas tenu compte explicitement de cette situation.

**Tableau 3.2.10**  
**Coûts de l'intervention et incidences sur les GES des plantations en blocs dans les Prairies**

	Estimation	Hypothèses
<b>Programme de plantation</b>		
≡ période de plantation	15 ans	- le programme débute en 2000, et la plantation en 2001;
≡ superficie plantée par an	20 000 ha/an	- accélération sur 5 ans pour atteindre la cadence de plantation annuelle en 2005
≡ plantation totale	260 000 ha	
<b>Séquestration différentielle de CO<sub>2</sub></b>		
≡ 2010	0,37 Mt CO <sub>2</sub>	- englobe à la fois la biomasse aérienne et souterraine; les émissions dues aux combustibles fossiles utilisés dans la plantation sont comprises dans les estimations; la séquestration de carbone dans le sol n'est pas comprise; la séquestration nette de carbone avant la plantation des brise-vent est censée être modeste et est soustraite de la séquestration attribuable à l'intervention
≡ 2000-2050, moyenne annuelle	1,43 Mt CO <sub>2</sub> /an	
<b>Coûts</b>		
≡ coût de plantation moyen (\$ 1997)	1 650 \$/ha	- englobe les coûts de préparation du site, des semis, des soins de suivi et de main-d'oeuvre





Il ne semble pas y avoir de chevauchement entre cette situation et l'intervention de plantation de brise-vent décrite plus haut. Cependant, l'intervention de type ARAP n'a pas été incluse avec les autres, parce qu'aucune analyse adéquate n'avait été effectuée. Les grandes différences entre les deux estimations de séquestration sont les suivantes : les densités de plantation de l'ARAP sont plus élevées, le taux de survie est de 70 %, et le programme inclut 20 espèces d'arbres et d'arbustes dont un grand nombre ont une croissance rapide par rapport aux espèces traditionnellement utilisées en foresterie. Les calculs de Turnock sont basés sur une équation propre à l'espèce développée par l'ARAP pour les données de gain en carbone recueillies sur les espèces courantes d'arbres et d'arbustes. La séquestration du carbone souterrain n'est pas incluse dans l'estimation de Turnock.

### 3.2.5 Intervention : Plantations en blocs dans les provinces des Prairies

**INTERVENTION :** *Établir des plantations en blocs sur des terres privées dans les provinces des Prairies chaque année entre 2001 et 2015 (15 ans), avec une cible de plantation de 20 000 ha par an*

Cette intervention part de l'hypothèse que, en première approximation, environ 260 000 ha de terres privées seront plantées de plantations en blocs sur 15 ans dans la région des Prairies. La cadence annuelle de plantation visée sera de 20 000 ha par an, avec une accélération pour atteindre la pleine cadence de plantation annuelle d'ici 2005. Cette intervention présuppose que les propriétaires s'engagent à soustraire des parcelles de leur exploitation agricole à leurs affectations agricoles actuelles, si elles en ont, et les affectent à la plantation d'arbres. La taille des plantations en blocs variera selon les dimensions des exploitations et l'intérêt des propriétaires.

Nous présumons que les efforts visant à promouvoir les plantations en blocs cibleront les régions dont la productivité du sol est relativement favorable à la croissance des arbres, principalement dans la moitié sud de la région. Même si la productivité des sols est relativement bonne pour les arbres, il ne sera pas toujours nécessaire de soustraire les secteurs plantés aux cultures et aux pâturages étant donné que l'objectif primordial est de boiser des terres agricoles à rendement marginal (c.-à-d. qui ne sont pas utilisées ou qui sont mal adaptées aux affectations agricoles). Les essences utilisées dans les plantations en blocs et leurs proportions seront déterminées par les attentes quant aux meilleures utilisations futures possibles des plantations, que ce soit à des fins environnementales (restauration des forêts, habitats, etc.), ou pour la production de produits forestiers ou d'énergie. L'analyse de cette intervention n'a pas tenu compte explicitement de cette situation.

**Tableau 3.2.10**  
**Coûts de l'intervention et incidences sur les GES des plantations en blocs dans les Prairies**

	Estimation	Hypothèses
<b>Programme de plantation</b>		
≡ période de plantation	15 ans	- le programme débute en 2000, et la plantation en 2001;
≡ superficie plantée par an	20 000 ha/an	- accélération sur 5 ans pour atteindre la cadence de plantation annuelle en 2005
≡ plantation totale	260 000 ha	
<b>Séquestration différentielle de CO<sub>2</sub></b>		
≡ 2010	0,37 Mt CO <sub>2</sub>	- englobe à la fois la biomasse aérienne et souterraine; les émissions dues aux combustibles fossiles utilisés dans la plantation sont comprises dans les estimations; la séquestration de carbone dans le sol n'est pas comprise; la séquestration nette de carbone avant la plantation des brise-vent est censée être modeste et est soustraite de la séquestration attribuable à l'intervention
≡ 2000-2050, moyenne annuelle	1,43 Mt CO <sub>2</sub> /an	
<b>Coûts</b>		
≡ coût de plantation moyen (\$ 1997)	1 650 \$/ha	- englobe les coûts de préparation du site, des semis, des soins de suivi et de main-d'oeuvre



≡ coût de renonciation annuel moyen ( \$ 1997)	10 \$/ha/an	
<b>Calculs des coûts</b>		
≡ VAN des coûts de plantation ( \$ 1997)	201,1 millions \$	- selon un taux d'actualisation de 10 %
≡ VAN du coût de renonciation ( \$ 1997)	13,1 millions \$	- selon un taux d'actualisation de 10 % et le versement de paiements pendant 25 ans
≡ rentabilité ( \$ 1997/ tonne)		
- 2008-2012	114,6 \$/t CO <sub>2</sub>	- selon la séquestration totale du carbone non actualisé, 2008-2012
- 2000-2050	3,0 \$/t CO <sub>2</sub>	- selon la séquestration totale du carbone non actualisé, 2000-2050

Il faut signaler que le niveau de séquestration au cours de la première période d'engagement dépend beaucoup des essences choisies et du calendrier de plantation – par exemple, le report de la plantation à 2005 abaisse la séquestration en 2010 de 0,37 Mt CO<sub>2</sub> à 0,14 Mt CO<sub>2</sub>. Quel que soit le moment où débute la plantation, la séquestration du carbone se poursuivra après 2050, selon les essences utilisées, de sorte que le coût par tonne de CO<sub>2</sub> séquestré envisagé sur une période plus longue que 2000-2050 sera inférieur à ce qui est indiqué dans le tableau ci-dessus.

Les coûts de renonciation sont très incertains. Nous avons présumé un coût de renonciation de 10 \$/ha/an, soit nettement moins que la valeur de location annuelle moyenne des terres agricoles dans les provinces des Prairies, qui est d'environ 100 \$-120 \$/ha/an. Les plantations en blocs intéresseront avant tout les terres ayant une valeur inférieure à la moyenne pour l'agriculture mais, si l'on utilise un chiffre de 100 \$/ha/an plutôt que de 10 \$/ha/an, on constate la sensibilité de nos résultats à l'hypothèse relative aux coûts de renonciation. Le fait d'utiliser le montant plus élevé a pour effet de relever le coût à 177 \$/t CO<sub>2</sub> au cours de la première période d'engagement et à 4,6 \$/t CO<sub>2</sub> entre 2000 et 2050.

**Tableau 3.2.11**  
**Répercussions régionales des plantations en blocs dans les Prairies**

Province	Cadence de plantation (ha/an)	Mt CO <sub>2</sub> séquestré 2010	Mt CO <sub>2</sub> séquestré par an 2000-2050	VAN des coûts de plantation et de renonciation (millions \$/1997)	Rentabilité	
					\$ 1997/t CO <sub>2</sub> 2008-2012	\$ 1997/t CO <sub>2</sub> 2000-2050
Alberta	8 700	0,16	0,62	93,4	114,6	3,0
Saskatchewan	7 650	0,14	0,55	82,0	114,6	3,0
Manitoba	3 650	0,07	0,26	38,8	114,6	3,0
<b>TOTAL</b>	<b>20 000</b>	<b>0,37</b>	<b>1,43</b>	<b>214,2</b>	<b>114,6</b>	<b>3,0</b>

La rentabilité ne varie pas selon la province étant donné qu'on utilisera vraisemblablement la même qualité de terre et le même mélange d'essences dans chaque province pour cette intervention.

### 3.2.6 Intervention : Plantations en blocs en Colombie-Britannique

**INTERVENTION :** *Établissement de plantations en blocs sur des terres privées en Colombie-Britannique chaque année entre 2001 et 2015 (15 ans), avec une cible de plantation de 13 000 ha par an*

Cette intervention part de l'hypothèse que, en première approximation, environ 169 000 ha de terres privées seront plantées de plantations en blocs sur 15 ans en C.-B. La cadence annuelle de plantation visée sera de 13 000 ha par an,

≡ coût de renonciation annuel moyen ( \$ 1997)	10 \$/ha/an	
<b>Calculs des coûts</b>		
≡ VAN des coûts de plantation ( \$ 1997)	201,1 millions \$	- selon un taux d'actualisation de 10 %
≡ VAN du coût de renonciation ( \$ 1997)	13,1 millions \$	- selon un taux d'actualisation de 10 % et le versement de paiements pendant 25 ans
≡ rentabilité ( \$ 1997/ tonne)		
- 2008-2012	114,6 \$/t CO <sub>2</sub>	- selon la séquestration totale du carbone non actualisé, 2008-2012
- 2000-2050	3,0 \$/t CO <sub>2</sub>	- selon la séquestration totale du carbone non actualisé, 2000-2050

Il faut signaler que le niveau de séquestration au cours de la première période d'engagement dépend beaucoup des essences choisies et du calendrier de plantation – par exemple, le report de la plantation à 2005 abaisse la séquestration en 2010 de 0,37 Mt CO<sub>2</sub> à 0,14 Mt CO<sub>2</sub>. Quel que soit le moment où débute la plantation, la séquestration du carbone se poursuivra après 2050, selon les essences utilisées, de sorte que le coût par tonne de CO<sub>2</sub> séquestré envisagé sur une période plus longue que 2000-2050 sera inférieur à ce qui est indiqué dans le tableau ci-dessus.

Les coûts de renonciation sont très incertains. Nous avons présumé un coût de renonciation de 10 \$/ha/an, soit nettement moins que la valeur de location annuelle moyenne des terres agricoles dans les provinces des Prairies, qui est d'environ 100 \$-120 \$/ha/an. Les plantations en blocs intéresseront avant tout les terres ayant une valeur inférieure à la moyenne pour l'agriculture mais, si l'on utilise un chiffre de 100 \$/ha/an plutôt que de 10 \$/ha/an, on constate la sensibilité de nos résultats à l'hypothèse relative aux coûts de renonciation. Le fait d'utiliser le montant plus élevé a pour effet de relever le coût à 177 \$/t CO<sub>2</sub> au cours de la première période d'engagement et à 4,6 \$/t CO<sub>2</sub> entre 2000 et 2050.

**Tableau 3.2.11**  
**Répercussions régionales des plantations en blocs dans les Prairies**

Province	Cadence de plantation (ha/an)	Mt CO <sub>2</sub> séquestré 2010	Mt CO <sub>2</sub> séquestré par an 2000-2050	VAN des coûts de plantation et de renonciation (millions \$/1997)	Rentabilité	
					\$ 1997/t CO <sub>2</sub> 2008-2012	\$ 1997/t CO <sub>2</sub> 2000-2050
Alberta	8 700	0,16	0,62	93,4	114,6	3,0
Saskatchewan	7 650	0,14	0,55	82,0	114,6	3,0
Manitoba	3 650	0,07	0,26	38,8	114,6	3,0
<b>TOTAL</b>	<b>20 000</b>	<b>0,37</b>	<b>1,43</b>	<b>214,2</b>	<b>114,6</b>	<b>3,0</b>

La rentabilité ne varie pas selon la province étant donné qu'on utilisera vraisemblablement la même qualité de terre et le même mélange d'essences dans chaque province pour cette intervention.

### 3.2.6 Intervention : Plantations en blocs en Colombie-Britannique

**INTERVENTION :** *Établissement de plantations en blocs sur des terres privées en Colombie-Britannique chaque année entre 2001 et 2015 (15 ans), avec une cible de plantation de 13 000 ha par an*

Cette intervention part de l'hypothèse que, en première approximation, environ 169 000 ha de terres privées seront plantées de plantations en blocs sur 15 ans en C.-B. La cadence annuelle de plantation visée sera de 13 000 ha par an,



avec une accélération pour atteindre la pleine cadence de plantation annuelle d'ici 2005. Cette intervention intéresse avant tout des terres agricoles privées sous-utilisées, inutilisées ou à rendement marginal. Même si cette intervention vise surtout les plantations en blocs, il se peut qu'elle se traduise en partie par l'établissement de plantations brise-vent. Elle présuppose donc que les propriétaires soustraient des parcelles de leur exploitation à leurs affectations agricoles actuelles, si elles en ont, et les affectent à la plantation d'arbres. La taille des plantations en blocs variera selon les dimensions des exploitations, la qualité/productivité de la terre et l'intérêt des propriétaires. Pour calculer la séquestration du carbone, nous avons utilisé les essences couramment employées dans les activités de reboisement au Canada. Dans la pratique, les essences qui seront choisies refléteront les décisions relatives aux affectations préférées, notamment en ce qui concerne le carbone, d'autres avantages environnementaux, les produits forestiers ou l'énergie.

À noter que le niveau de séquestration au cours de la première période d'engagement dépend beaucoup des essences choisies et du calendrier de plantation – par exemple, le fait de reporter la plantation à 2005 réduit la séquestration de plus de 50 % au cours de la première période d'engagement. Quel que soit le moment où débute la plantation, la séquestration du carbone se poursuivra après 2050, selon les essences utilisées, de sorte que le coût par tonne de CO<sub>2</sub> séquestré envisagé sur une période plus longue que 2000-2050 sera inférieur à ce qui est indiqué dans le tableau ci-dessus. Les coûts de plantation varieront nettement d'un site à l'autre et sont incertains.

**Tableau 3.2.12**  
**Coûts de l'intervention et incidences sur les GES des plantations en blocs en Colombie-Britannique**

	Estimation	Hypothèses
<b>Programme de plantation</b>		
≡ période de plantation	15 ans	- le programme débute en 2000, et la plantation en 2001;
≡ superficie plantée par an	13 000 ha/an	- accélération sur 5 ans pour atteindre la cadence de plantation annuelle en 2005
≡ plantation totale	169 000 ha	
<b>Séquestration différentielle de CO<sub>2</sub></b>		
≡ 2010	0,04 Mt CO <sub>2</sub>	- englobe à la fois la biomasse aérienne et souterraine; les émissions des combustibles fossiles utilisés dans la plantation sont comprises dans les estimations; la séquestration de carbone dans le sol n'est pas comprise; la séquestration nette de carbone avant la plantation n'est pas comptabilisée
≡ 2000-2050, moyenne annuelle	1,70 Mt CO <sub>2</sub> /an	
<b>Coûts</b>		
≡ coût de plantation moyen (\$ 1997)	1 027 \$/ha	- englobe les coûts de préparation du site, des semis, des soins de suivi et de main-d'oeuvre
≡ coût de renonciation annuel moyen (\$ 1997)	10 \$/ha/an	
<b>Calculs des coûts</b>		
≡ VAN des coûts de plantation (\$ 1997)	77,1 millions \$	- selon un taux d'actualisation de 10 %
≡ VAN du coût de renonciation (\$ 1997)	8,5 millions \$	- selon un taux d'actualisation de 10 % et le versement de paiements pendant 25 ans
≡ rentabilité (\$ 1997/ tonne)		
- 2008-2012	452,5 \$/t CO <sub>2</sub>	- selon la séquestration totale du carbone non actualisé, 2008-2012
- 2000-2050	2,4 \$/t CO <sub>2</sub>	- selon la séquestration totale du carbone non actualisé, 2000-2050

On peut constater l'effet des différences dans les courbes de croissance lorsqu'on compare les résultats de cette intervention aux résultats des autres interventions de boisement. Les courbes utilisées pour cette intervention



montrent un rythme de croissance plus lent lors des premières décennies, mais plus rapide ultérieurement. Cela reflète en partie les différences réelles qui caractérisent les taux de croissance en C.-B., particulièrement le long du littoral, par rapport aux autres régions du Canada. Cependant, cette différence comporte un impondérable qui reflète simplement la pénurie de connaissances sur les courbes de croissance des plantations et sur les premières décennies de croissance.

La Colombie-Britannique est plus diversifiée sur le plan physique et biologique que toute autre province du Canada, et les différences y sont considérables entre les diverses régions. Aux fins de cette intervention, nous présumons que ces différences intraprovinciales au chapitre de l'adaptation et de la productivité des plantations sont prises en considération dans le choix des essences et dans la distribution des plantations sur la province. La majeure partie des terres plantées se trouvent dans la région intérieure, où la croissance des arbres est plus lente (près de 90 % des terres boisées), ce qui reflète la disponibilité des terres. Même si à peine 10 % des terres boisées sont situées sur le littoral, elles représentent 30 % de la séquestration annuelle moyenne de carbone au cours de la première période d'engagement, ce qui reflète leur productivité plus élevée.

### 3.2.7 Intervention : Plantations en blocs dans l'est du Canada

**INTERVENTION :** *Établir des plantations en blocs dans l'est du Canada chaque année entre 2001 et 2015 (15 ans), avec cible de plantation de 15 000 ha par an*

Cette intervention part de l'hypothèse que, en première approximation, environ 195 000 ha de terres privées seront plantées de plantations en blocs sur 15 ans – 78 000 ha en Ontario, 78 000 ha au Québec et 39 000 ha dans les provinces de l'Atlantique. La cadence de plantation est de 15 000 ha par an, avec une accélération pour atteindre la pleine cadence de plantation annuelle en 2005. Cette intervention exige que les propriétaires soustraient des parcelles de leur exploitation à leurs affectations agricoles actuelles, si elles en ont, et les affectent à la plantation d'arbres. La taille des plantations en blocs variera selon les dimensions des exploitations et l'intérêt des propriétaires. La cible de 78 000 ha pour l'Ontario est supérieure d'environ 50 % aux terres boisées dans le cadre de la *Loi sur l'amélioration des terrains boisés de l'Ontario*, qui a été en vigueur pendant 20 ans entre le milieu des années 60 et le milieu des années 80. Pour les besoins de cette option, nous avons sélectionné des essences précises et avons décidé de leur distribution. La composition définitive en essences dépendra des attentes relatives aux meilleures utilisations futures possibles des plantations, que ce soit à des fins environnementales ou pour la production de produits forestiers ou d'énergie.

**Tableau 3.2.13**  
**Coûts de l'intervention et incidences sur les GES des plantations en blocs dans l'est du Canada**

	Estimation	Hypothèses
<b>Programme de plantation</b>		
≡ période de plantation	15 ans	- le programme débute en 2000, et la plantation en 2001;
≡ superficie plantée par an	15 000 ha/an	- accélération sur 5 ans pour atteindre la cadence de plantation annuelle en 2005
≡ plantation totale	195 000 ha	
<b>Séquestration différentielle de CO<sub>2</sub></b>		
≡ 2010	0,22 Mt CO <sub>2</sub>	- englobe à la fois la biomasse aérienne et souterraine;
≡ 2000-2050, moyenne annuelle	1,37 Mt CO <sub>2</sub> /an	- les émissions dues aux combustibles fossiles utilisés dans la plantation ne sont pas comprises dans les estimations; la séquestration nette de carbone avant la plantation est censée être nulle
<b>Coûts</b>		
≡ coût de plantation moyen (\$ 1997)	1 500 \$/ha	- englobe les coûts de préparation du site, des semis, des soins de suivi et de main-d'oeuvre

montrent un rythme de croissance plus lent lors des premières décennies, mais plus rapide ultérieurement. Cela reflète en partie les différences réelles qui caractérisent les taux de croissance en C.-B., particulièrement le long du littoral, par rapport aux autres régions du Canada. Cependant, cette différence comporte un impondérable qui reflète simplement la pénurie de connaissances sur les courbes de croissance des plantations et sur les premières décennies de croissance.

La Colombie-Britannique est plus diversifiée sur le plan physique et biologique que toute autre province du Canada, et les différences y sont considérables entre les diverses régions. Aux fins de cette intervention, nous présumons que ces différences intraprovinciales au chapitre de l'adaptation et de la productivité des plantations sont prises en considération dans le choix des essences et dans la distribution des plantations sur la province. La majeure partie des terres plantées se trouvent dans la région intérieure, où la croissance des arbres est plus lente (près de 90 % des terres boisées), ce qui reflète la disponibilité des terres. Même si à peine 10 % des terres boisées sont situées sur le littoral, elles représentent 30 % de la séquestration annuelle moyenne de carbone au cours de la première période d'engagement, ce qui reflète leur productivité plus élevée.

### 3.2.7 Intervention : Plantations en blocs dans l'est du Canada

**INTERVENTION :** *Établir des plantations en blocs dans l'est du Canada chaque année entre 2001 et 2015 (15 ans), avec cible de plantation de 15 000 ha par an*

Cette intervention part de l'hypothèse que, en première approximation, environ 195 000 ha de terres privées seront plantées de plantations en blocs sur 15 ans – 78 000 ha en Ontario, 78 000 ha au Québec et 39 000 ha dans les provinces de l'Atlantique. La cadence de plantation est de 15 000 ha par an, avec une accélération pour atteindre la pleine cadence de plantation annuelle en 2005. Cette intervention exige que les propriétaires soustraient des parcelles de leur exploitation à leurs affectations agricoles actuelles, si elles en ont, et les affectent à la plantation d'arbres. La taille des plantations en blocs variera selon les dimensions des exploitations et l'intérêt des propriétaires. La cible de 78 000 ha pour l'Ontario est supérieure d'environ 50 % aux terres boisées dans le cadre de la *Loi sur l'amélioration des terrains boisés de l'Ontario*, qui a été en vigueur pendant 20 ans entre le milieu des années 60 et le milieu des années 80. Pour les besoins de cette option, nous avons sélectionné des essences précises et avons décidé de leur distribution. La composition définitive en essences dépendra des attentes relatives aux meilleures utilisations futures possibles des plantations, que ce soit à des fins environnementales ou pour la production de produits forestiers ou d'énergie.

**Tableau 3.2.13**  
**Coûts de l'intervention et incidences sur les GES des plantations en blocs dans l'est du Canada**

	Estimation	Hypothèses
<b>Programme de plantation</b>		
≡ période de plantation	15 ans	- le programme débute en 2000, et la plantation en 2001;
≡ superficie plantée par an	15 000 ha/an	- accélération sur 5 ans pour atteindre la cadence de plantation annuelle en 2005
≡ plantation totale	195 000 ha	
<b>Séquestration différentielle de CO<sub>2</sub></b>		
≡ 2010	0,22 Mt CO <sub>2</sub>	- englobe à la fois la biomasse aérienne et souterraine;
≡ 2000-2050, moyenne annuelle	1,37 Mt CO <sub>2</sub> /an	- les émissions dues aux combustibles fossiles utilisés dans la plantation ne sont pas comprises dans les estimations; la séquestration nette de carbone avant la plantation est censée être nulle
<b>Coûts</b>		
≡ coût de plantation moyen (\$ 1997)	1 500 \$/ha	- englobe les coûts de préparation du site, des semis, des soins de suivi et de main-d'oeuvre

≡ coût de renonciation annuel moyen ( \$ 1997)	10 \$/ha/an	
<b>Calculs des coûts</b>		
≡ VAN des coûts de plantation ( \$ 1997)	147,2 millions \$	- selon un taux d'actualisation de 10 %
≡ VAN du coût de renonciation ( \$ 1997)	9,8 millions \$	- selon un taux d'actualisation de 10 % et le versement de paiements pendant 25 ans
≡ rentabilité ( \$ 1997/ tonne)		
- 2008-2012	144,9 \$/t CO <sub>2</sub>	- selon la séquestration totale du carbone non actualisé, 2008-2012
- 2000-2050	2,3 \$/t CO <sub>2</sub>	- selon la séquestration totale du carbone non actualisé, 2000-2050

À noter que le niveau de séquestration au cours de la première période d'engagement dépend beaucoup des essences choisies et du calendrier de plantation – par exemple, le fait de reporter la plantation à 2005 réduit la séquestration de plus de 50 % au cours de la première période d'engagement. Quel que soit le moment où débute la plantation, la séquestration du carbone se poursuivra après 2050, selon les essences utilisées, de sorte que le coût par tonne de CO<sub>2</sub> séquestré envisagé sur une période plus longue que 2000-2050 sera inférieur à ce qui est indiqué dans le tableau ci-dessus. Les coûts de plantation varieront nettement d'un site à l'autre et sont incertains. Le carbone du sol représente environ 7 % du carbone total séquestré durant la première période d'engagement et environ 15 % entre 2000 et 2050.

Les estimations de la séquestration reposent sur des courbes de croissance qui reflètent l'expérience acquise en ce qui concerne les plantations dans le Canada atlantique. Ainsi, ces courbes de croissance montrent un rythme plus rapide que ce qui est habituel pour les forêts non aménagées, du moins au cours des premières décennies de la vie des arbres. L'utilisation de courbes de croissance différentes donne des résultats nettement différents, surtout au cours des premières décennies de croissance. Par exemple, nous avons étudié la sensibilité des résultats face à un ensemble de courbes de croissance plus lentes basées sur les forêts non plantées en Ontario. Avec ces courbes plus lentes, la séquestration en 2010 chute à 0,08 Mt CO<sub>2</sub>, alors que, entre 2000 et 2050, la séquestration moyenne se chiffre à 1,70 Mt CO<sub>2</sub> par an. C'est pourquoi la rentabilité entre 2008 et 2012 est de 410 \$ 1997/t CO<sub>2</sub>, alors qu'elle est de 1,9 \$/t CO<sub>2</sub> entre 2000 et 2050.

Compte tenu de la grande incertitude qui entoure les coûts de renonciation, nous avons également évalué l'impact d'un coût de renonciation annuel de 50 \$/ha/an. Ce coût de renonciation donne une rentabilité de 181 \$ 1997/t CO<sub>2</sub> entre 2008 et 2012 soit plus que les 145 \$/t CO<sub>2</sub> qu'on obtient lorsque le coût de renonciation est de 10 \$/ha/an.

Même si on utilise les mêmes essences pour chaque région, la rentabilité varie entre les régions à cause des différences de distribution des essences en termes de superficie plantée. Nous n'avons pas ventilé les estimations par province dans le Canada atlantique, mais la plupart des terres ciblées sont situées au Nouveau-Brunswick et en Nouvelle-Écosse.

**Tableau 3.2.14**  
**Répercussions régionales des plantations en blocs dans l'est du Canada**

Province	Cadence de plantation (ha/an)	Mt CO <sub>2</sub> séquestré 2010	Mt CO <sub>2</sub> séquestré par an 2000-2050	VAN des coûts de plantation et de renonciation (millions \$/1997)	Rentabilité	
					\$ 1997/t CO <sub>2</sub> 2008-2012	\$ 1997/t CO <sub>2</sub> 2000-2050
Ontario	6 000	0,11	0,56	62,8	120,0	2,2
Québec	6 000	0,08	0,55	62,8	159,7	2,3
Atlantique	3 000	0,03	0,26	31,4	188,4	2,4
<b>TOTAL – EST</b>	<b>15 000</b>	<b>0,22</b>	<b>1,37</b>	<b>157,0</b>	<b>144,9</b>	<b>2,3</b>



### 3.2.8 Évaluation plus approfondie des interventions de boisement

#### *Conséquences sur le plan socio-économique et sur la compétitivité*

- ≡ La vente de bois résultant des interventions de plantation en blocs aura une incidence sur l'approvisionnement futur en bois. Cela pourrait se traduire par une diminution des récoltes pratiquées dans les régions boisées existantes ou servir à créer de nouvelles installations de transformation.
- ≡ Le boisement offre des possibilités de développement économique, d'emploi et de diversification pour les communautés rurales par le biais de la plantation et de l'entretien des arbres et de hausses de la production des pépinières. Dans le futur, les approvisionnements en bois accrus pour la fabrication de produits forestiers ou la production d'énergie pourraient aussi devenir un avantage.
- ≡ La capacité des pépinières à produire des semis supplémentaires varie selon la région. La capacité actuelle est jugée suffisante en C.-B. Dans les Prairies, elle est suffisante pour planter environ 33 000 ha/an. Cela signifie que la capacité actuelle suffit tout juste pour le niveau de plantation prévu des deux interventions confondues dans les Prairies. Dans l'ensemble, les stocks de semis ne devraient pas être un facteur limitatif, compte tenu que la période d'accélération s'étale sur cinq ans.
- ≡ Cette intervention risque d'avoir des incidences sur le secteur agricole si la production diminue, compte tenu du type d'activité qui était pratiquée sur les terres sur lesquelles on a établi des plantations brise-vent ou des plantations en blocs. L'incidence nette sur les propriétaires, l'industrie agro-alimentaire et les consommateurs dépendra des variations des prix des produits agricoles et des politiques régissant le secteur agricole. Les incidences nettes devraient être minimales en raison de la productivité et de l'utilisation relativement faibles de la plupart des terres agricoles plantées.

#### *Conséquences des interventions de plantation pour l'environnement et la santé*

##### Effets positifs sur l'environnement

Le boisement de terres agricoles à rendement marginal peut entraîner divers avantages pour l'environnement et l'aménagement des terres en sus des avantages directs de séquestration du carbone. Parmi ces avantages figurent l'amélioration de la qualité globale du sol et de l'eau; la remise en état de terres dégradées; le rétablissement de forêts dégradées ou morcelées; l'aménagement d'habitats pour la faune et l'augmentation de la biodiversité; la diversification rurale et la contribution à l'esthétique du paysage; et l'augmentation de la disponibilité de biocombustibles (remplacement des combustibles fossiles, et baisse des émissions de CO<sub>2</sub>) et de produits forestiers de longue durée (qui stockent le CO<sub>2</sub> et remplacent d'autres matériaux de construction à forte intensité d'énergie).

Le boisement de terres agricoles à rendement marginal se traduit par une baisse de l'utilisation des pesticides et des produits chimiques et par une diminution du lessivage dans la nappe phréatique et les écosystèmes aquatiques, comparativement à l'agriculture intensive. Le boisement peut également atténuer l'érosion du sol et améliorer sa qualité grâce à une plus grande stabilisation des sols et à une régulation des eaux d'écoulement, et peut contribuer à la remise en état des terres abîmées par des affectations antérieures. Les recherches se poursuivent sur l'utilisation possible d'essences halophiles pour la remise en état des régions salines, situées pour la plupart dans les provinces des Prairies.

Le boisement peut contribuer directement à la biodiversité et à l'aménagement d'habitats fauniques grâce au remplacement de terres affectées auparavant à l'agriculture par une structure végétale et un écosystème forestier plus complexes. La conception et la structure des plantations de boisement peuvent grandement influencer sur l'amélioration de la biodiversité, venir en complément d'autres objectifs régionaux en matière de conservation et bénéficier aux écosystèmes attenants. Le boisement peut également protéger le cours supérieur des rivières, les régions d'alimentation des aquifères et les régions ripariennes. La protection de la qualité et de la quantité d'eau sera un élément particulièrement important, si le changement climatique fait augmenter l'incidence de la sécheresse dans certaines régions du pays.

Le boisement accru aura d'autres retombées sur le paysage, l'esthétique et les loisirs grâce à une augmentation de la couverture forestière et à une diversification des activités et des débouchés ruraux. Le boisement ancré dans l'agroforesterie et les plantations brise-vent peut entraîner une hausse de la productivité du sol et des terres agricoles et offrir d'autres avantages pour l'agriculture, notamment de l'ombre et un abri pour le bétail.

Les avantages environnementaux du boisement dépassent la séquestration directe de CO<sub>2</sub> des arbres sur pied et englobent l'utilisation possible de ces arbres comme biocombustible et comme remplacement des combustibles fossiles. La diminution de la combustion de combustibles fossiles réduit les concentrations cumulatives de polluants dans l'atmosphère, notamment du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et des oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>), ainsi que de méthane (CH<sub>4</sub>), de monoxyde de carbone (CO) et de composés organiques volatils (COV).

La récolte et la production de produits en bois massif provenant des secteurs boisés agissent à la manière d'un réservoir durable de CO<sub>2</sub>, et ces produits sont moins nocifs pour l'environnement que d'autres matériaux de construction (comme le béton et l'acier) lorsqu'on se fonde sur leur cycle de vie. Les coûts-avantages du cycle de vie des produits forestiers par rapport à d'autres matériaux de construction sont un domaine qui fait l'objet de recherches suivies.

#### Effets néfastes sur l'environnement

Les programmes de boisement entraîneront l'utilisation accrue de pesticides et d'engrais lorsqu'ils intéressent des terres qui n'étaient pas affectées jusqu'ici à une utilisation intensive. Par ailleurs, l'amélioration globale de la qualité du sol et de l'eau résultant d'une intensification des programmes de boisement risque d'être partiellement neutralisée dans certains cas par une hausse des déficits hydriques et des carences en éléments nutritifs lorsqu'on utilise des essences à courte révolution. Ces effets potentiellement néfastes traduisent les besoins accrus en eau et en éléments nutritifs des essences à courte révolution, mais ils peuvent être atténués par une planification soignée et l'utilisation de méthodes de plantation durables (comme le fait de ne boiser que les terres ayant la capacité biophysique de porter des essences à courte révolution). Il demeure aussi une incertitude sur les changements nets qui surviennent dans le carbone du sol au cours des premières années qui suivent le boisement, même si le carbone du sol augmente pendant la durée de la révolution.

L'augmentation des activités de boisement entraînera une augmentation de la biomasse sur pied, et du risque de feux de forêt et de propagation des maladies et ravageurs des forêts, comparativement à certaines affectations antérieures des terres. Ces effets potentiellement néfastes peuvent être atténués par l'utilisation de mesures de protection contre les incendies et d'autres mesures de gestion des plantations visant à minimiser les risques de ravageurs et de maladies, comme l'utilisation d'essences appropriées et d'agents de lutte contre les ravageurs.

Les régions non boisées peuvent être complexes et riches sur le plan de la biodiversité et des habitats (si elles ne sont pas affectées intensivement à des fins agricoles), et le boisement aura pour effet de les remplacer par de nouveaux types et niveaux de biodiversité et d'habitats. Lorsque les plantations mettent en jeu une seule ou quelques essences, surtout si ces essences ne sont pas indigènes, la diversité des habitats et la biodiversité risquent d'être compromises.

#### Lacunes sur le plan de l'information

Les changements globaux de la qualité du sol et de l'eau dus au boisement de terres agricoles à rendement marginal sont généralement bien illustrés dans la documentation scientifique, et même quantifiés à l'échelle locale dans bien des cas. Parmi les principales lacunes ou les secteurs qui nécessitent des recherches plus fouillées figurent les activités de R et D sur les essences halophiles; les changements qui surviennent dans le carbone du sol et le carbone souterrain au cours des premières années qui suivent le boisement; les conséquences possibles au-delà des terres boisées de l'utilisation de produits chimiques et de pesticides sur les écosystèmes aquatiques et terrestres; l'effet à long terme sur les bilans de l'eau et des éléments nutritifs d'une hausse des activités de boisement (surtout pour les essences à courte révolution); et les coûts-avantages du cycle de vie de l'utilisation des produits forestiers par rapport à d'autres matériaux de construction.

#### Conclusion

Le boisement de terres agricoles à rendement marginal pour la séquestration de carbone peut avoir d'intéressantes retombées sur l'aménagement des terres et, dans certains cas, avoir des effets néfastes, en plus des avantages directs que représente la séquestration de CO<sub>2</sub>. La répartition des incidences positives et négatives sera propre à chaque site. Parmi les avantages figurent l'amélioration de la qualité globale du sol et de l'eau; la remise en état de terres dégradées; l'aménagement d'habitats fauniques et l'augmentation de la biodiversité; et l'augmentation de la

diversification rurale et de l'esthétique des paysages. Parmi les autres avantages liés au CO<sub>2</sub>, la production accrue de biocombustibles renouvelables (en remplacement des combustibles fossiles, se traduisant par une baisse des émissions de CO<sub>2</sub> et d'autres polluants) et la production de produits forestiers de longue durée qui stockent le CO<sub>2</sub>. Les effets positifs et négatifs sur l'environnement seront plus nombreux dans les provinces des Prairies, où aura lieu la majeure partie des opérations de boisement.

#### *Ampleur des interventions de boisement dans d'autres pays*

- ≡ On sait que certains pays, comme les États-Unis, étudient la possibilité d'utiliser les projets de boisement pour atteindre leur objectif dans le cadre du Protocole de Kyoto. Dans des pays comme la Nouvelle-Zélande et l'Australie, on boise des terres en espérant acquérir des unités de carbone. Des entreprises privées nationales et étrangères participent à ces efforts.
- ≡ Un certain nombre de pays bénéficieront de la séquestration de carbone résultant des activités de boisement (depuis 1990) antérieures au Protocole de Kyoto. Ce sont entre autres la Nouvelle-Zélande, l'Australie, l'Argentine et l'Irlande. Certains pays offrent une aide publique directe importante aux opérations de boisement (Argentine, Irlande), et d'autres une aide indirecte par une réforme de leurs règlements qui incite à investir dans les plantations forestières (Nouvelle-Zélande). Dans chaque cas, l'objectif du gouvernement est avant tout de favoriser le développement de l'industrie forestière nationale plutôt que la séquestration du carbone.
- ≡ Certains pays, comme les États-Unis, ont créé des programmes de boisement dont le but est de conserver les terres agricoles et de soustraire à la culture les terres agricoles à rendement marginal. Aux États-Unis, divers programmes financent partiellement la plantation d'arbres à des fins de conservation.

#### *Autres études et analyses nécessaires*

- ≡ L'analyse des interventions a comptabilisé le carbone de diverses manières. On n'a pas évalué la séquestration du carbone dans le sol attribuable aux interventions faites dans les Prairies et en C.-B. L'analyse de cette intervention les Prairies repose sur l'hypothèse que la séquestration nette annuelle de carbone avant l'établissement des plantations en blocs était modeste. On présume que cela disparaît lorsque les plantations se développent, ce qui entraîne une légère baisse du carbone différentiel net séquestré à cause de l'intervention. L'ampleur de cet effet est très incertaine. Pour toutes les autres interventions, l'incidence du boisement sur les niveaux préexistants de séquestration du carbone n'a pas été évaluée. Le fait de tenir compte des taux de séquestration du carbone avant le boisement peut entraîner une hausse ou une baisse de la séquestration nette attribuable aux interventions, mais on manque de données concluantes à ce sujet, et on ne sait pas non plus si cela fera partie des procédures de comptabilisation en vue de l'acquisition d'unités.
- ≡ Seules certaines espèces d'arbres ont été incluses dans les interventions, et les taux de croissance précoce pour toutes les espèces sont très incertains. L'utilisation d'arbustes ou d'herbes hautes indigènes constitue d'autres possibilités dont il faut analyser la rentabilité, surtout pour ce qui est des plantations brise-vent et des plantations établies comme matière première pour la production de bioénergie et à des fins environnementales. Les résultats de programme de l'Administration du rétablissement agricole des Prairies montrent qu'on peut atteindre un niveau plus élevé de séquestration en utilisant une combinaison d'arbres et d'arbustes.
- ≡ On a uniquement évalué les coûts directs de plantation et d'entretien. Parmi les coûts et avantages potentiels dont on n'a pas tenu compte figurent les coûts de protection des forêts; les coûts du programme de boisement; les recettes nettes d'exploitation et d'utilisation des peuplements parvenus à maturité; les coûts des systèmes de surveillance, de mesure et de vérification du carbone; et la valeur potentielle des unités de carbone.
- ≡ Les incitatifs qu'il faudra octroyer pour atteindre le niveau de plantation visé sont très incertains et devront faire l'objet d'une analyse plus approfondie à mesure que le programme se développe – ce sont en effet les incitatifs offerts qui auront le plus d'impact sur la superficie totale boisée. En particulier, on a utilisé une hypothèse relativement « sur mesure » dans l'analyse des interventions pour donner l'ordre de grandeur des coûts de renonciation du boisement.
- ≡ L'analyse n'a pas porté sur l'affectation de terres publiques aux opérations de boisement. Dans certaines provinces, comme la C.-B. et l'Alberta, de vastes superficies de terres publiques sont louées comme pâturages, et pourraient se prêter à des opérations de boisement.
- ≡ Il faut étudier plus en profondeur les répercussions des diverses utilisations ainsi que les débouchés offerts par les opérations de boisement.

- ≡ Pour recueillir des données plus précises et utiles, on pourrait mener des enquêtes régionales auprès des propriétaires de terres rurales pour connaître leur niveau d'intérêt, leur motivation, la disponibilité de terres et leur état actuel, ainsi que le niveau et la structure des incitatifs qu'il faudrait octroyer pour les inciter à participer au boisement.

#### ***Rapport entre les diverses interventions de plantation et avec d'autres interventions***

- ≡ Les interventions de boisement se complètent l'une l'autre. Les deux interventions prises dans les Prairies sont qualitativement différentes – les plantations brise-vent devraient être adoptées par un plus grand nombre d'agriculteurs, mais sur une superficie nettement plus petite par exploitation que les plantations en blocs. Par ailleurs, l'établissement de plantations brise-vent intéresse essentiellement les sols de qualité moyenne à médiocre, alors que les plantations en blocs concernent les sols de bonne qualité.
- ≡ Le boisement peut être considéré comme une éventuelle source d'approvisionnement en énergie et, sous ce rapport, cette intervention complète les interventions de substitution de sources d'énergie dans le secteur forestier et d'autres. Cette possibilité dépend beaucoup des prix relatifs des sources d'énergie et des politiques gouvernementales visant à encourager l'utilisation des biocombustibles.

### **3.3 Actuellement dans le protocole avec une définition très incertaine – le reboisement**

#### **3.3.1 Questions d'analyse et estimations « maintien du statu quo »**

##### ***Issue incertaine des négociations***

Les changements des stocks de carbone qui surviendront entre 2008 et 2012 sur les terres reboisées depuis 1990 pourront être appliqués à l'objectif du Canada durant la période d'engagement. Il n'en reste pas moins que la définition de reboisement dans le cadre du Protocole de Kyoto n'a toujours pas été négociée à l'échelle internationale. Il existe deux interprétations radicalement différentes qui revêtent une importance cruciale pour la prévision du potentiel futur. De nombreux pays pensent que le reboisement doit être défini selon les bases utilisées par le GIEC dans ses lignes directrices sur l'inventaire des émissions de GES : « plantation de forêts sur des terres qui ont historiquement déjà porté des forêts, mais qui ont été affectées à une autre utilisation ». La définition de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture est la suivante : « établissement d'une plantation d'arbres sur une terre forestière ». Le Canada, quant à lui, a proposé la définition de travail suivante : « pratique d'affectation des terres qui, en vertu du rétablissement d'un peuplement d'arbres, forme une forêt ».

La question ici est de savoir si le rétablissement des arbres après la récolte, c'est-à-dire la régénération, est incluse dans le Protocole comme une opération de reboisement ou non. Si une définition analogue à celle du GIEC est adoptée à l'échelle internationale, le reboisement deviendra en fait un « re-boisement », ou une opération de boisement au sens qu'on en donne à la section 3.2. Manifestement, la plupart des régions du Canada qui sont actuellement sans couverture forestière et qui se prêtent à la plantation d'arbres (p. ex. les terres agricoles à rendement marginal) ont jadis été boisées.

Si la définition étroite et sans lien avec la foresterie du GIEC est adoptée, il n'y aura alors essentiellement pas d'activité « forestière » au sens du paragraphe 3.3 du Protocole, qui traite des activités humaines directement liées au « changement d'affectation des terres et à la foresterie et limitées au boisement, au reboisement et au déboisement ». En limitant la définition de reboisement à un changement d'affectation des terres, les Parties dont les forêts mettent en moyenne 100 ans à atteindre la maturité se verront attribuer des unités pour un tout petit puits durant la période d'engagement. En même temps, le fait d'inclure le déboisement qui a lieu durant la période d'engagement, sans le contrebalancer par rapport à l'accroissement du reste de la forêt aménagée, peut, comme on l'a vu lors du récent atelier de l'OSCST à Rome, avoir des conséquences perverses. Plus précisément, une Partie peut être tenue de déclarer une hausse de ses émissions (c.-à-d. résultant du déboisement) alors que, dans l'ensemble, grâce à l'aménagement judicieux du reste de la forêt, la forêt a continué d'agir comme puits, et la Partie devrait plutôt recevoir un crédit. Au sens de la définition de reboisement donnée par le Programme pour l'alimentation et l'agriculture ou le Canada, et en présumant que les unités ne sont acquises que dans la forêt de Kyoto, une unité potentielle peut être acquise même lorsque le volume total des stocks de carbone dans la forêt aménagée reste stable ou baisse.



De nombreux membres des Tables des puits et du secteur forestier ont des avis très arrêtés et divergents sur la définition qu'il convient d'adopter et sur celle qui a le plus de chances d'être acceptée par tous les pays. Certains soutiennent qu'il est inconcevable que le reboisement, défini comme régénération, puisse être accepté, sans qu'on y ajoute la récolte comme source équilibrant le puits résultant du reboisement. Le problème tient au fait que le « contrepoids » de la récolte n'est pas la croissance survenue dans les régions reboisées depuis 1990, mais la croissance annuelle totale de la forêt aménagée. Dans le cadre de l'aménagement forestier durable, le volume récolté équivaut à la croissance de la forêt, compte tenu de certaines hypothèses sur la distribution des classes d'âge et d'autres facteurs.

Un autre argument qui a été avancé contre la définition du reboisement comme régénération après la récolte est que, dans le moment, les lignes directrices du GIEC considèrent que l'utilisation de la biomasse pour la production d'énergie est neutre sur le plan du CO<sub>2</sub>, puisque la biomasse est censée provenir d'un régime d'aménagement forestier durable. Ainsi, l'acquisition d'unités au titre du reboisement et de la régénération, sans qu'on soit tenu responsable d'un débit lorsqu'on utilise la biomasse comme combustible (quand la raison invoquée de l'absence d'un débit est qu'il s'agit d'une ressource continue et renouvelable), semble être contre-intuitive. Il est indéniable que le Canada ne sera que l'un des pays à participer à la négociation des définitions et que toute prévision quant à l'issue des négociations est pour l'instant purement spéculative.

Les estimations MSQ de la séquestration de CO<sub>2</sub> résultant du reboisement sont résumées au tableau 3.3.1 (page suivante). Ces estimations ne reflètent pas l'incidence de la régénération « différentielle » ou « renforcée », mais portent sur les avantages nets en matière de CO<sub>2</sub> selon d'autres définitions du Protocole qui pourront aider le Canada à remplir son engagement, sans autres investissements ou réformes politiques. Compte tenu de l'incertitude qui plane sur les définitions, la quantité nette de CO<sub>2</sub> séquestrée est présentée selon les deux définitions divergentes. Si l'on définit le reboisement selon les directives du GIEC, l'estimation MSQ du reboisement équivaut alors à la séquestration de CO<sub>2</sub> résultant des niveaux MSQ de plantation sur des terres agricoles (supposés négligeables pour l'instant).

Si, au contraire, le reboisement est défini comme la régénération après la récolte (comme dans la définition de la FAO), les estimations MSQ pour 2010 se situent dans la fourchette de -2 à 13 Mt/an selon les composantes des stocks de carbone. Les composantes des stocks de carbone qui seront comptabilisées revêtent une importance critique, car il semble que les changements qui surviennent dans le carbone souterrain et dans le carbone du sol font que les secteurs soient une source nette pendant 10 à 20 ans après la récolte, même si l'on exclut des calculs les rémanents et la litière provenant de la récolte. Une analyse préliminaire, effectuée pour l'est du Canada, indique que si l'on inclut la litière et les rémanents consécutifs à la récolte, cette région serait une source beaucoup plus importante, d'environ -18 Mt CO<sub>2</sub> (au lieu de -4 Mt si les rémanents sont exclus). C'est particulièrement le cas pour les régions qui se régénèrent naturellement, et moins pour les régions reboisées. Étant donné que la récolte est exclue du Protocole, certains avancent que les rémanents et la litière résultant de la récolte ne devraient pas être considérés comme faisant partie des stocks de carbone d'un site durant son reboisement. Cette notion présente des difficultés d'ordre pratique, surtout en matière de mesure et de surveillance.

**Tableau 3.3.1**  
**Estimations MSQ du reboisement selon deux définitions différentes, Mt CO<sub>2</sub>/an**

Définition du reboisement	Stock de carbone	2010 Mt CO <sub>2</sub> /an	2020 Mt CO <sub>2</sub> /an	Hypothèses
<b>Définition de la FAO : régénération après la récolte</b>				
Ouest du Canada	a. Biomasse aérienne	2	8	Selon la récolte prévue jusqu'en 2020; seule est incluse la séquestration attribuable au reboisement depuis 1990
	b. Biomasse aérienne et souterraine, et sol	2	10	
Est du Canada	a. Biomasse aérienne	11	35	Selon la récolte prévue jusqu'en 2020; seule est incluse la séquestration attribuable au reboisement depuis 1990



	b. Biomasse aérienne et souterraine, et sol	-4	27	
Total Canada	a. Biomasse aérienne	13	42	Selon la récolte prévue jusqu'en 2020; seule est incluse la séquestration attribuable au reboisement depuis 1990
	b. Biomasse aérienne et souterraine, et sol	-2	37	
Définition du GIEC : re-boisement				
Total Canada	Tous les stocks de carbone forestier	0	0	Considéré comme boisement
Récolte	Biomasse aérienne seulement			Volumes de la récolte de 1996 se chiffrant à 183 millions de mètres cubes convertis en CO <sub>2</sub> (en présumant que les émissions ont lieu la même année que la récolte)
		-210	-210	

Au tableau 3.3.1, on note un grand écart entre les estimations relatives à l'est et à l'ouest du Canada selon de la définition de la FAO, ce qui traduit des différences dans les méthodologies et les hypothèses qui ont servi à l'établissement de ces estimations. Il faut manifestement peaufiner ces chiffres. Les estimations MSQ de la biomasse aérienne sont relativement conformes à celles qui figurent dans les exposés généraux de la Table du secteur forestier et de la Table des puits. À signaler également que ces estimations MSQ englobent à la fois la régénération naturelle après la récolte, la plantation et l'ensemencement. Environ 50 % des zones récoltées se régénèrent naturellement après la récolte. Même s'il se peut que ce type de définition du reboisement exclue la régénération naturelle, l'industrie « aide » généralement la régénération au moyen de traitements post-récolte comme le scarifiage. En outre, on utilise de plus en plus des techniques de récolte particulières comme la régénération par coupes progressives pour favoriser la régénération naturelle. Le tableau fait également état à titre de référence du volume de récolte converti en émissions d'équivalent-CO<sub>2</sub>. Il est clair que cela ajoute un énorme débit à l'objectif du Canada.

Il y a de fortes chances pour qu'on ne parvienne pas à un accord international sur la définition de reboisement avant la CdP6, ou même plus tard. On outre, on ne sait toujours pas quelles composantes des stocks de carbone seront comptabilisées pour déterminer la conformité au Protocole. Il est clair que la séquestration du carbone par la biomasse aérienne est incluse, mais on a des doutes sur l'inclusion de la séquestration du carbone dans les sols et dans la biomasse souterraine. Les négociations futures aboutiront également à l'établissement de lignes directrices, de règles et de procédures pour mesurer, surveiller et vérifier la séquestration. Les coûts de ces activités varieront selon les besoins, le type de reboisement et les politiques de reboisement. Ces coûts n'ont pas été évalués par les Tables du secteur forestier et des puits.

L'analyse qui suit et les options sont uniquement fondées sur la définition de reboisement de lu Programme pour l'alimentation et l'agriculture, c'est-à-dire « l'établissement d'une plantation d'arbres sur une terre forestière ». Selon de la définition du GIEC, pratiquement tous les programmes de plantation décrits à la section 3.2 sur le boisement seront considérés comme des opérations de reboisement, et aucune des activités de cette section ne serait admissible à des unités en vertu du Protocole de Kyoto.

#### **Questions de comptabilisation**

D'importantes questions de comptabilisation et de mesure se rattachent au reboisement si celui-ci est défini comme la régénération après la récolte. On se demande notamment comment déterminer les variations des stocks de carbone dues à la régénération si l'on utilise d'autres méthodes que la régénération par coupes rases. Dans le cas d'une coupe rase, un secteur bien précis est dégagé de toute la biomasse ligneuse aérienne sur pied (c.-à-d. les arbres), et le changement qui survient dans les stocks de carbone avec le temps dépend de la croissance des jeunes arbres qu'on a plantés ou qui se régénèrent naturellement (la surveillance et la mesure des débris ligneux et de la biomasse souterraine et dans le sol ne sont pas aussi simples). Toutefois, si un secteur est exploité selon la méthode de la coupe partielle (ce qui signifie que tous les arbres ne sont pas abattus), il n'est plus aussi simple de mesurer les variations des stocks durant la période d'engagement. Le principal problème tient au fait qu'il n'est pas facile de préciser quelle

portion de la croissance d'un site ayant fait l'objet d'une coupe partielle est attribuable à des activités humaines et quelle portion est « naturelle ». Le fait d'exclure les sites partiellement coupés de la définition de reboisement n'est pas une solution, car cela aurait pour effet de privilégier le mode de régénération par coupes rases par rapport aux autres méthodes d'exploitation. Le Canada a actuellement recours à la coupe partielle sur environ 10 % des terres exploitées, même si cette proportion augmente. Beaucoup d'autres pays, comme les États-Unis, exploitent la plupart des secteurs selon le mode de la coupe partielle. Compte tenu du vaste éventail de méthodes d'exploitation utilisées dans le monde, cette question devra être résolue pour des raisons d'ordre politique et environnemental si le reboisement était défini comme la régénération après la récolte.

Une autre difficulté (qui vaut également pour les secteurs boisés) est de savoir comment comptabiliser les variations qui surviennent dans les stocks de carbone lorsqu'un secteur situé dans la forêt de Kyoto (c.-à-d. qui s'est régénéré depuis 1990) est exploité, étant donné que l'exploitation n'est actuellement pas visée par le Protocole.

### *Contexte sur le plan des politiques*

Les forêts du Canada sont surtout des forêts publiques. Environ 71 % appartiennent aux gouvernements provinciaux et 23 % au gouvernement fédéral et aux gouvernements territoriaux. L'exploitation de cette assise territoriale publique est régie par divers accords de tenure conclus avec des entreprises privées. Les entreprises sont réglementées en ce qui a trait aux volumes et aux secteurs exploités chaque année ainsi qu'à l'aménagement et à la régénération réguliers des sites après la récolte. Les forêts sont aménagées en fonction de valeurs multiples, et les provinces et les entreprises s'efforcent d'améliorer les pratiques d'aménagement forestier durable. L'exploitation des terres privées n'est pas réglementée, même si certaines provinces commencent à offrir des incitatifs en vue d'en améliorer l'aménagement forestier. En outre, dans certaines provinces où les entreprises forestières exploitent à la fois des terres publiques et privées, le bon aménagement des terres privées est lié à leurs droits de tenure sur les terres publiques.

Les régimes de propriété et d'aménagement qui existent au Canada ne donnent que peu de marge pour augmenter le stockage du carbone en modifiant les pratiques de reboisement. Les entreprises sont liées par des codes de pratique et des prescriptions sylvicoles qui les obligent à régénérer les forêts de manière bien précise. Deux éléments des stratégies de régénération qui ont une profonde incidence sur le potentiel de séquestration sont le choix des essences et l'espacement ou l'aménagement densimétrique. On pourrait analyser ces deux éléments pour déterminer l'impact des modifications visant à accroître le stockage du carbone. Néanmoins, tout changement devra être mis dans la balance avec la foule d'autres paramètres et valeurs qui interviennent dans l'aménagement des forêts.

### *Choix des essences*

En supposant que le reboisement englobe la régénération après la récolte, l'un des facteurs décisifs du volume total de séquestration sera le choix des essences. Les essences traditionnellement utilisées en foresterie, et pour lesquelles il existe une abondance relative de semis, ont un taux de séquestration relativement faible dans le climat canadien. Les essences à croissance plus rapide, comme le peuplier hybride, peuvent atteindre leur taux maximal de séquestration du carbone en l'espace de 10 à 25 ans. Les espèces d'arbres et d'arbustes à croissance encore plus rapide peuvent atteindre ce maximum en 5 à 8 ans. Les organismes provinciaux stipulent généralement que les secteurs exploités doivent être régénérés avec les mêmes essences ou, dans certains cas, qu'un peuplement doit être converti à une autre essence mieux adaptée ou commercialement plus rentable.

Même s'il demeure des incertitudes sur la façon dont seront mesurées les unités de reboisement, il semble probable que le total des unités de carbone disponibles sur un site donné sera limité au volume maximal (plutôt que total) de carbone qui s'accumule sur ce site (c.-à-d. sur une révolution). L'utilisation d'essences à croissance plus rapide, même si elle offre le potentiel d'accroître les unités de carbone durant la première période d'engagement, n'entraînera pas forcément un apport net à long terme.

Quelles que soient les essences choisies, il est difficile d'estimer l'impact des interventions de reboisement sur la séquestration à cause du manque de données fiables sur les courbes de croissance des arbres, surtout au cours des deux décennies qui suivent la plantation, période clé pour déterminer l'impact au cours de la première période d'engagement. Cela introduit un niveau d'incertitude inconnu dans les estimations de la séquestration attribuable aux interventions.

### **Conséquences pour l'environnement**

Même si les négociations ne sont pas encore terminées au sujet des activités RBD et que les définitions n'ont pas encore été arrêtées, le reboisement comporte un volet environnemental important dont il faut parler. Si le reboisement est défini comme la régénération après la récolte, l'incidence nette sur l'atmosphère sera une augmentation des émissions industrielles de carbone, puisque le volume de séquestration de CO<sub>2</sub> résultant du reboisement sera soustrait de l'objectif du Canada et que les émissions industrielles n'auront pas besoin de diminuer d'autant. Selon cette définition, le Canada obtient essentiellement un « gain exceptionnel » puisqu'il a récolté et régénéré environ un million d'hectares par an depuis 1990 et qu'il acquerra donc cette unité sans nécessairement accroître le volume de carbone stocké dans ses forêts à long terme. Cette définition du reboisement permet aux pays de repousser la prise de mesures qui auront une incidence sur les concentrations de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère.

Il y a des mesures qui peuvent augmenter la quantité de carbone séquestré dans les sites en régénération (c'est-à-dire les hausses différentielles en sus de la séquestration qui se produirait normalement). Il se peut que ces interventions aient des effets bénéfiques sur l'atmosphère, même si leur incidence à long terme n'est pas claire et dépend de divers facteurs, notamment des essences et de l'âge d'exploitabilité. Toutefois, le volume différentiel potentiel résultant de ces interventions est faible par rapport au volume total de carbone séquestré par le reboisement.

Dans l'optique du Canada, toutefois, le reboisement peut contribuer grandement à atteindre l'objectif qu'il s'est fixé pour la première période d'engagement dans le cadre de la Stratégie nationale de mise en oeuvre, selon une définition qui inclut la régénération après la récolte.

On craint également qu'une définition du reboisement qui englobe la régénération après la récolte n'ait l'effet pervers d'accroître le rythme de récolte (qui n'est actuellement pénalisé par aucun débit selon le Protocole de Kyoto) afin d'acquérir des unités provenant du reboisement. Il est peu probable que cela se produise dans des pays comme le Canada où les forêts sont surtout des forêts publiques aménagées et où des codes de pratique et des règlements stricts sont en vigueur. Cette préoccupation intéresse surtout les terres privées qui ne sont pas réglementées ou les pays qui n'ont pas adopté ou qui n'appliquent pas de règlements adéquats pour assurer des pratiques d'aménagement forestier durable.

### **3.3.2 Modification des méthodes de reboisement pour augmenter la séquestration du carbone après la récolte**

À noter que l'analyse qui suit présume que les négociations aboutiront à une définition du reboisement analogue à celle utilisée par la FAO et à celle proposée par le Canada. Les interventions analysées ici sont celles qui ont le potentiel d'accroître la séquestration de carbone dans les secteurs en régénération après la récolte depuis 1990, de même que dans les secteurs à exploiter dans l'avenir, par rapport au scénario MSQ. Compte tenu de l'incertitude qui entoure les définitions, toute mesure ou politique visant à faciliter les interventions doit être attentivement examinée avant d'être prise ou adoptée. Les interventions qui ne compromettent pas d'autres objectifs, ou qui sont rentables et viennent compléter d'autres objectifs, présentent indéniablement de l'intérêt. Les interventions qui visent à maximiser la séquestration du carbone sur place et son stockage à long terme ne sont pas les mêmes que celles dont le but est de maximiser la production soutenue de bois, et elles peuvent même parfois entrer en conflit avec ces dernières. Il faudra prendre en considération de multiples objectifs avant de déterminer les meilleures stratégies à adopter.

#### **Utilisation d'arbres génétiquement modifiés**

Une possibilité réside dans l'utilisation de la génétique et des programmes d'amélioration génétique des arbres pour mettre au point des essences à croissance plus rapide. Le principal moteur de la création de variétés à croissance rapide et résistantes à la maladie a toujours été et continuera d'être l'approvisionnement en bois de l'industrie forestière. Les premiers vergers à graines ont commencé à produire des quantités opérationnelles de semences au début des années 90. On s'attend à des augmentations de volume de 10 % à 30 %, et d'autres augmentations résulteront sans doute des programmes d'amélioration génétique des arbres. En 2005, près de la moitié de tous les arbres plantés devraient être des arbres à croissance plus rapide. Les efforts visant à accélérer les programmes d'amélioration génétique des arbres et de création et d'utilisation de variétés à croissance plus rapide pourraient aider

le Canada à atteindre son objectif dans le cadre du Protocole de Kyoto. Il faut évaluer le coût de ces programmes, même si l'on peut se faire une idée assez générale de leur incidence possible sur le carbone en reprenant les hypothèses qui ont servi à établir les estimations MSQ. La hausse de 15 % de l'accroissement des arbres dans tous les secteurs plantés/ensemencés à partir de 2000 a pour effet de majorer le puits annuel d'environ 0,5 Mt CO<sub>2</sub> au cours de la première période d'engagement.

### ***Gestion de la densité***

On a mené beaucoup de recherches ces dernières années sur les effets de la gestion de la densité, notamment sur les coupes d'éclaircie précommerciale. Une coupe d'éclaircie précommerciale est l'enlèvement délibéré des fûts excédentaires d'un peuplement trop dense de jeunes arbres (qui ont généralement entre 10 et 14 ans) afin de réduire la concurrence pour l'espace, la lumière, l'eau et les éléments nutritifs. Un certain nombre de provinces ont publié des tableaux de rendement des peuplements aménagés s'appliquant aux essences commerciales pour diverses densités de plantation ou régimes d'espacement. Même si les lignes directrices en vigueur et les recherches visent à maximiser les volumes marchands à la récolte, certaines études incitent à croire que d'importants gains au niveau de la biomasse peuvent résulter des modifications des régimes de plantation ou d'espacement.

### ***Choix des essences***

Comme nous l'avons vu plus haut, le choix des essences peut avoir une profonde incidence sur la séquestration du carbone. En particulier, certaines essences à croissance plus rapide ont une vie plus courte, même si elles atteignent un taux plus élevé de séquestration du CO<sub>2</sub> plus tôt que les autres (comme le peuplier). La plupart des organismes provinciaux ont des prescriptions concernant le choix des essences pour la régénération après la récolte. Généralement, les mêmes essences qui ont été récoltées doivent être régénérées, à moins que l'on souhaite une conversion du peuplement. Tout changement d'essence visant à accroître la séquestration de CO<sub>2</sub> devra être envisagé à la lumière d'autres objectifs comme les produits finis, la biodiversité, l'esthétique, etc.

### ***Recours accru à la plantation plutôt qu'à la régénération naturelle et à l'ensemencement***

Après la récolte, les forêts du Canada se régénèrent soit par plantation (45 %), soit par ensemencement (5 %), soit encore par régénération naturelle (50 %). Les arbres plantés parviennent généralement à maturité 10 à 13 ans plus tôt que les peuplements qui se sont régénérés naturellement. Cela s'explique en partie par le fait que les arbres plantés ont déjà plusieurs années, sans compter qu'un traitement chimique ou mécanique du site atténue la concurrence des plantes adventices et autorise les jeunes arbres à s'établir plus tôt. La plantation offre également la possibilité d'utiliser des semis génétiquement modifiés ou de remplacer une essence par une autre, mieux adaptée au site.

Toutefois, la plupart des provinces visent de nombreux objectifs environnementaux en plus de ceux liés au changement climatique, et beaucoup de ces objectifs exigent un pourcentage élevé de secteurs en régénération naturelle. C'est également la méthode la plus rentable de régénération dans la plupart des secteurs où elle a lieu.

### ***Coût probable de l'intervention et incidence sur les GES***

On a peu analysé les incidences potentielles sur les GES et les coûts connexes de ces types d'activités. Le gros de la réduction des GES résultant du reboisement sera réalisée dans le scénario de maintien du statu quo si la définition de reboisement englobe la régénération après la récolte. Manifestement, aucune de ces interventions ne sera faite (du moins pour accroître la séquestration afin de permettre au Canada d'atteindre son objectif) si le Protocole n'attribue pas d'unités au titre du reboisement ainsi défini.

### ***Obstacles à la mise en oeuvre***

- ≡ L'issue des négociations, en particulier la définition du reboisement, déterminera si la séquestration nette de carbone résultant de ces interventions sera comptabilisée dans l'objectif du Canada. La nature des composantes des stocks de carbone qui seront comptabilisées revêt également une importance critique.
- ≡ D'autres valeurs de la forêt, notamment la biodiversité, la faune, l'esthétique, la qualité des cours d'eau, etc., risquent de subir les effets néfastes de certaines de ces interventions. Les pratiques d'aménagement forestier durable cherchent à permettre un équilibre entre quantité d'objectifs.



- ≡ Toute modification de la composition en essences doit tenir compte des effets possibles du changement climatique sur les taux de croissance de même que des facteurs relatifs aux insectes et aux maladies.
- ≡ Les coûts de la plantation sont plus élevés que ceux de la régénération naturelle ou de l'ensemencement. En outre, certains sites ne se prêtent pas à la plantation en raison de leur emplacement, de leur accessibilité ou de leur état. D'autres activités comme les coupes d'éclaircie précommerciale sont par ailleurs rarement menées à cause de leurs coûts.
- ≡ La propriété des unités de carbone sur les terres publiques est une question qu'il faudra résoudre. Par exemple, si une entreprise conclut une entente d'aménagement forestier avec une province et investit son propre argent pour accroître la séquestration du carbone, elle doit avoir la garantie que c'est elle qui acquerra les unités de carbone. Une question connexe consiste à déterminer qui assumera le risque de pertes et de débits de carbone. Il se pose aussi des questions quant à la sécurité à long terme des droits de tenure des entreprises forestières.
- ≡ Sur les terres privées, les propriétaires de boisés peuvent radier les coûts de plantation s'ils sont encourus pendant l'année de la récolte, ce qui est souvent difficile et ce qui constitue par conséquent un contre-incitatif à la plantation. En général, le traitement fiscal des boisés n'est guère favorable par rapport à celui de l'agriculture et des pâturages. Les agriculteurs peuvent reporter leurs pertes fiscales, ce qui n'est pas le cas des propriétaires de boisés.

#### ***Exigences en matière de politiques***

- ≡ Étant donné que la majeure partie des opérations de récolte et de reboisement ont lieu sur des terres publiques, les gouvernements provinciaux seront les principaux agents de changement sur le plan des politiques.
- ≡ L'intégration des objectifs de séquestration des GES dans les objectifs de planification de l'aménagement forestier est possible, mais uniquement si l'on tient compte des autres valeurs et objectifs sur les terres publiques.
- ≡ Si les entreprises peuvent acquérir des unités de carbone pour les GES séquestrés grâce aux interventions visant à accroître le reboisement, cela devrait constituer un incitatif suffisant pour modifier les pratiques.
- ≡ Les gouvernements provinciaux pourraient aussi compenser les frais engagés par les entreprises privées au titre des pratiques visant à accroître la séquestration de GES.
- ≡ On pourra avoir besoin de règlements provinciaux pour limiter la surexploitation des terres privées (afin d'empêcher les propriétaires d'exploiter leurs terres pour acquérir des unités au titre du reboisement).
- ≡ Les réglementations provinciales exigent la régénération rapide des secteurs exploités, même si l'on compte encore 3 millions d'hectares insuffisamment régénérés (IR). Cette superficie diminue avec le temps à mesure que l'on boise les terres IR, mais de nouvelles terres IR viennent s'ajouter lorsque des secteurs ne se régénèrent pas dans un laps de temps raisonnable. Pour assurer la régénération rapide des sites, il faut envisager d'autres systèmes, notamment une modification des techniques d'exploitation.

#### ***Répercussions régionales et intrasectorielles***

- ≡ La superficie exploitée au Canada est d'environ un million d'hectares par an. Le Québec, l'Ontario et la C.-B. en représentent environ 75 %. Les volumes de récolte les plus élevés sont en C.-B., puis au Québec et en Ontario. C'est la C.-B. qui enregistre la plus forte productivité (taux de croissance annuel), particulièrement le long du littoral. Les estimations révèlent une séquestration plus élevée de carbone dans les provinces de l'Est par rapport à l'Ouest, mais cela est essentiellement fonction des différentes méthodologies et hypothèses utilisées par les consultants.
- ≡ Toute hausse de la séquestration des GES attribuable à une modification des techniques de reboisement peut également faire augmenter les volumes de bois marchand, ce qui a pour effet d'accroître l'approvisionnement en bois de l'industrie des produits forestiers. Il se peut que des changements résultent d'une désaffectation à l'égard du bois de sciage au profit du bois à pâte, et vice versa. Tout changement survenant dans la composition en espèces aura une incidence sur les produits finis.



### *Conséquences sur le plan socio-économique et sur la compétitivité*

- ≡ L'augmentation des coûts de reboisement, s'ils sont à la charge des compagnies forestières, majorera les coûts du bois livré et aura un effet négatif sur la compétitivité.
- ≡ La modification des pratiques de reboisement risque d'entraîner une certaine hausse de l'emploi saisonnier pour les planteurs d'arbres et les entrepreneurs en aménagement forestier.
- ≡ Une hausse appréciable de croissance résultant de changements dans les pratiques de régénération pourrait avoir des retombées à long terme qui se traduiraient par une augmentation de la récolte et de la production de produits forestiers connexes.

### *Conséquences pour l'environnement et la santé*

Une modification des méthodes de reboisement en vue d'une augmentation de la séquestration de CO<sub>2</sub> risque d'imposer une série de coûts environnementaux et de compromis avec d'autres objectifs d'aménagement forestier. Ces compromis pourraient viser la conservation de la biodiversité et l'aménagement des écosystèmes (c.-à-d. la garantie d'une diversité structurale des peuplements et l'aménagement d'habitats); les paramètres esthétiques et paysagers et la planification des loisirs; la qualité des cours d'eau et de l'eau; et les objectifs de régénération à long terme (comme l'utilisation d'essences indigènes pour minimiser les risques biologiques et les maladies). La nature et l'étendue exactes de ce genre de compromis sont incertaines et constituent une faille importante.

### *Ampleur des interventions analogues dans d'autres pays*

- ≡ De nombreux pays s'opposent à une définition du reboisement qui englobe la régénération après la récolte. On ignore pour l'instant si certains pays ont décidé d'élaborer des plans pour augmenter leurs opérations de reboisement en réponse au Protocole.

### *Autres analyses et études nécessaires*

- ≡ D'autres recherches s'imposent sur les questions de propriété des unités de carbone.
- ≡ On a besoin de meilleures données sur l'accroissement et le rendement des peuplements de seconde venue. En particulier, le carbone séquestré dans les jeunes peuplements (30 premières années de croissance) est mal compris, tout comme l'écart de croissance entre les forêts régénérées naturellement et les forêts plantées.
- ≡ Le potentiel de séquestration de carbone et le coût connexe par tonne des quatre sous-interventions doivent être calculés pour tous les bassins de carbone. Bien qu'on possède une quantité raisonnable de données sur l'incidence de ces interventions sur la biomasse aérienne (essentiellement les volumes marchands) dans certaines régions et pour certaines essences, l'incidence à l'échelle nationale n'est pas connue. En outre, l'impact sur le carbone du sol de même que sur le carbone de la biomasse souterraine et de la matière organique morte doit être analysé, ce qui nécessitera sans doute la collecte de données de base au niveau des sites.

### *Rapport avec d'autres interventions*

- ≡ Cette intervention est liée au boisement et aux interventions concernant les forêts aménagées.

### *Points de vue des intervenants*

Une modification des méthodes de reboisement visant à augmenter la séquestration de carbone peut accroître le volume de planification nécessaire et les ressources exigées des aménagistes des forêts publiques, ajoutant ainsi aux considérations liées aux objectifs multiples et à d'autres impératifs d'ordre juridique et stratégique (comme les codes de pratiques forestières). Cela risque également de susciter des préoccupations chez les groupes communautaires et les intervenants qui ont un intérêt direct dans l'aménagement des forêts publiques au titre d'autres valeurs (p. ex. les clubs de loisirs et les associations de chasse).

Le bien-fondé de définir le reboisement par la régénération après la récolte dans le Protocole de Kyoto suscite des inquiétudes. En particulier, les points de vue des organisations non gouvernementales qui s'intéressent à l'environnement peuvent être résumés comme suit :

1. La définition proposée risque d'aller à l'encontre de la Convention pour les raisons suivantes :

- ≡ Elle permet l'attribution d'une importante unité de carbone sans qu'il y ait forcément de hausse du volume de carbone stocké dans la forêt à long terme. En fait, dans certains cas (comme la conversion de vieux peuplements à rendement élevé), il risque d'y avoir une baisse importante du volume total de carbone stocké sur place, alors qu'un crédit de « reboisement » sera néanmoins attribuée.
- ≡ Elle permet la double-comptabilisation des unités de carbone liées au remplacement des combustibles fossiles.

2. La définition proposée risque également d'avoir des effets pervers allant à l'encontre de l'aménagement forestier durable :

- ≡ En attribuant une unité qui augmente à mesure que s'élargit le secteur récolté, elle incite à accroître les niveaux de récolte, ce qui risque d'avoir un effet néfaste sur diverses valeurs environnementales et sociales. Cette préoccupation vaut particulièrement pour les terres privées.
- ≡ On ne sait pas encore clairement de quelle façon les unités de reboisement s'appliqueront aux terres qui ont été exploitées par voie de coupe sélective. Toutefois, dans le langage forestier général, ces secteurs ne sont pas considérés comme « reboisés ». S'ils ne donnent pas droit à des unités de Kyoto, il sera très tentant d'éviter d'utiliser ces méthodes pour acquérir des « unités au titre des coupes rases ».

### 3.4 Actuellement dans le Protocole avec une définition modérément incertaine – le déboisement

Le déboisement est l'une des trois activités (reboisement, boisement et déboisement) actuellement visées au paragraphe 3.3 du Protocole de Kyoto. Les variations des stocks de carbone entre 2008 et 2012 résultant des activités RBD menées depuis 1990 seront calculées par rapport à l'objectif d'un pays. Comme nous l'avons vu plus haut, cela crée un déséquilibre entre les puits et les sources. Les pays seront pénalisés d'un débit de carbone potentiellement important par hectare résultant du déboisement (c.-à-d. la coupe d'un peuplement parvenu à maturité), alors qu'ils n'acquerront qu'une unité infime au titre du boisement et du reboisement, étant donné que les arbres seront encore très jeunes au cours de la première période d'engagement à cause de la clause « depuis 1990 » qui s'applique aux activités RBD dans le Protocole. Avec l'approche de forêt aménagée (voir section 3.5), la question se pose moins, car on comptabilise mieux tous les flux de carbone.

Le déboisement qui surviendra entre 2008 et 2012 sera comptabilisé comme une source d'émissions de CO<sub>2</sub>, ce qui aura pour effet d'accroître les émissions du Canada durant cette période d'engagement. Le déboisement ne figure pas dans le niveau de base de 1990. À ce titre, il représente un passif, au sens où les émissions en résultant augmenteront le niveau global des émissions dans le scénario de maintien du statu quo par rapport au niveau de base de 1990.

La détermination des politiques et mesures qu'il est possible de prendre pour réduire les taux actuels de déboisement sera un élément important de la stratégie globale du Canada sur le changement climatique. Il faudra mettre dans la balance les politiques visant à réduire les sources de carbone résultant des activités de déboisement et d'autres objectifs économiques et politiques, comme le développement économique régional et la création d'emplois dans les régions touchées par le déboisement. On manque toutefois sérieusement de données concrètes sur l'étendue et l'emplacement du déboisement, ce qui a empêché d'élaborer des propositions politiques précises pour le présent Rapport sur les options.

### 3.4.1 Questions d'analyse

#### *Issue incertaine des négociations*

Les négociations internationales sur la définition et l'interprétation du déboisement aux termes du Protocole de Kyoto seront décisives pour les types d'activités de déboisement qui seront comptabilisés comme source d'émissions de CO<sub>2</sub>. Les lignes directrices du GIEC ne contiennent pas une définition explicite du déboisement, même si elles font allusion au fait que « la conversion des forêts est également désignée sous le terme de déboisement » (GIEC, 1996, page 5.6, note 7). Conformément à cette définition implicite, le Secrétariat de la CCCC-ONU a proposé de définir le déboisement comme « la conversion de terres forestières à d'autres affectations » (Secrétariat CCCC-ONU, 1998a). Il a également proposé deux autres modifications de cette définition : (i) « le changement d'affectation des terres résultant d'activités humaines directes de la forêt à une autre affectation OU l'appauvrissement de la couverture forestière à moins de 10 % » ; et (ii) « le changement direct résultant d'activités humaines directes de l'affectation des terres, de la forêt à une autre affectation, et l'appauvrissement de la couverture forestière à moins de 10 % ». Cela illustre clairement un problème clé de la définition d'une forêt (et, par conséquent, du déboisement) – doit-elle être fondée sur l'affectation des terres ou sur la couverture terrestre?

Il est peu probable que l'on parvienne à une définition satisfaisante du déboisement avant la CdP6, ou même plus tard. Si, à l'issue des négociations internationales, on définit le déboisement en termes d'appauvrissement de la couverture forestière en deçà d'un certain niveau (comme 10 %, par exemple) plutôt que d'un changement d'affectation des terres, les émissions du Canada résultant du déboisement selon le Protocole de Kyoto seront sans doute supérieures. Cela s'explique par le fait qu'il existe actuellement diverses activités de développement qui ne seront sans doute pas considérées comme un changement d'affectation des terres, comme la construction de lignes de transport d'électricité ou de routes forestières, mais qui abaissent de petits peuplements ou des couloirs d'arbres à moins de 10 % de la couverture forestière.

Le Canada a proposé la définition suivante du déboisement : « changement d'affectation des terres qui a pour effet de supprimer une forêt », qui englobe la conversion des forêts dans le cadre de changements permanents d'affectation des terres, comme les activités agricoles et les pâturages, de même que le développement d'infrastructures permanentes comme les routes. Cette définition exclut toutefois les secteurs qui ne modifient pas l'affectation des terres, comme la construction de routes forestières. Il importe de souligner que la récolte n'est pas considérée comme une activité de déboisement, dans la mesure où le secteur est régénéré en forêt.

On n'a pas encore déterminé quelles composantes des stocks de carbone seront comptabilisées comme émissions pour déterminer la conformité au Protocole. Il est probable que les émissions de carbone provenant de la biomasse aérienne à l'issue du déboisement soient comptabilisées, mais l'on ne sait pas si les rejets de la biomasse souterraine et de la matière organique morte (litière, débris ligneux grossiers et humus) seront inclus. La nature des composantes des stocks de carbone qui seront comptabilisées sera cruciale pour déterminer l'incidence du déboisement comme source d'émissions de CO<sub>2</sub>. L'inclusion de la litière, des débris ligneux grossiers et de 10 % du réservoir d'humus risque de doubler les émissions annuelles prévues de CO<sub>2</sub> résultant d'activités de déboisement (Robinson *et al.*, 1999). Vient s'y greffer la question de savoir si les émissions continues des secteurs déboisés entre 1990 et 2007 seront comptabilisées si elles surviennent durant la première période d'engagement (certains stocks de carbone, comme le carbone souterrain et le carbone du sol, continueront d'émettre du CO<sub>2</sub> pendant des années après le déboisement).

Les négociations futures aboutiront à des lignes directrices, des règles et des procédures sur la mesure, la surveillance et la vérification des sources biologiques d'émissions de CO<sub>2</sub>. Les coûts des politiques de surveillance des changements dans les activités de déboisement varieront selon les prescriptions et les types de déboisement. Ces coûts n'ont pas été évalués par les Tables du secteur forestier et des puits.

#### *Estimations MSQ des activités de déboisement*

Les données sur l'étendue des opérations de déboisement au Canada sont limitées, même si nous savons que ces activités se déroulent dans divers secteurs industriels et résidentiels, aussi bien sur des terres boisées publiques que privées. Les principales sources de déboisement sont l'agriculture, l'industrie minière, les routes forestières et les projets de développement résidentiels et urbains (voir tableau 3.4.1). Il y a donc beaucoup d'activités qui ont une

incidence sur l'affectation des terres et/ou la couverture terrestre. Il y a peu de chances pour que toutes ces activités ou catégories soient incluses dans la définition de déboisement qui sera négociée dans le cadre du Protocole de Kyoto.

**Tableau 3.4.1**  
**Types d'activités de déboisement**

Agriculture et activités forestières	Développement industriel et urbain
≡ défrichement pour les pâturages	≡ construction de routes et de voies ferrées
≡ défrichement pour l'agriculture	≡ exploitation minière et pétrolière (exploitation des sables bitumineux, mines à ciel ouvert et lignes sismiques)
≡ empiétement des forêts sur les pâturages	≡ submersion des forêts par des réservoirs de centrales hydroélectriques
≡ enlèvement des plantations brise-vent	≡ couloirs et emprises de services publics
≡ destruction de la forêt riparienne par le bétail	≡ pistes d'atterrissage
≡ construction de routes forestières et d'infrastructures connexes	≡ utilisations récréatives (centres de ski, terrains de golf et terrains de stationnement)

On ne dispose au Canada que de données limitées sur l'étendue et l'emplacement actuels et récents (depuis 1990) du déboisement, puisque ces données ne sont pas recueillies explicitement par les organismes fédéraux ou provinciaux. Les Tables des puits et du secteur forestier ont commandé une étude pour avoir des estimations des déperditions de carbone résultant du déboisement attribuable à diverses activités. Or, ces estimations, même si elles reposent sur les meilleures données existantes, notamment sur un sondage réalisé auprès de représentants du gouvernement et du secteur privé, sont encore très incertaines. Le tableau 3.4.2 résume ces estimations (Robinson *et al.*, 1999). Nous avons présumé, pour évaluer l'impact du déboisement au cours de la première période d'engagement, que les rythmes de déboisement et les niveaux d'émissions de CO<sub>2</sub> actuels par secteur demeureraient inchangés.

L'un des principaux éléments qui permettront au Canada de remplir ses engagements en matière de réduction des émissions aux termes du Protocole de Kyoto sera de poursuivre l'élaboration d'instruments de mesure et de déclaration pour surveiller les changements des activités de déboisement et des émissions connexes de CO<sub>2</sub>. Les estimations antérieures des émissions de CO<sub>2</sub> résultant de la coupe de forêts pour l'agriculture et le développement urbain figurent dans les rapports généraux des Tables des puits et du secteur forestier, et se situent entre 3 et 19 Mt CO<sub>2</sub> par an en ce qui concerne les rejets du carbone de la biomasse aérienne et du sol. Les estimations du tableau 3.4.2 rétrécissent quelque peu cette plage, entre 9 et 14 Mt CO<sub>2</sub> par an, pour ce qui est de la biomasse aérienne uniquement.

**Tableau 3.4.2**  
**Estimations du déboisement dans les principaux secteurs**  
**(émissions de CO<sub>2</sub> provenant de la biomasse aérienne seulement)**

Source	Estimation min. – max. (hectares par an)	Estimation min. – max. (Mt CO <sub>2</sub> par an)	Provinces où le déboisement risque d'être le plus important
Agriculture	10 300 - 30 800	2 - 6	C.-B., AB, SK, ON
Foresterie	21 600 - 21 600	4	C.-B., ON, N.-B, N.-É
Développement urbain	3 600 - 3 600	1	C.-B., AB, ON, PQ
Transports	1 200 - 1 200	0,2	
Loisirs	<100 - 500	<0,1	

Industrie minière et pétrolière	10 900 - 12 700	1 - 2	AB
Production d'électricité	7 000 - 10 100	1	PQ
<b>TOTAL</b>	<b>54 600 - 80 500</b>	<b>9 - 14</b>	

Le tableau 3.4.3 illustre l'impact potentiel des estimations MSQ d'autres définitions du déboisement, à savoir une définition fondée sur un changement d'affectation des terres (à l'exclusion des routes forestières) et une définition fondée sur un changement d'affectation des terres et sur la couverture terrestre. Selon ces estimations, il est clair que la coupe de forêts au profit de l'agriculture, de l'exploitation minière et pétrolière et de la production d'électricité est la principale cause de déboisement, si on adopte une définition reposant sur un changement d'affectation des terres. Le déboisement dû à l'industrie minière et pétrolière résulte principalement de l'exploration pétrolière et du développement d'infrastructures en Alberta (l'incertitude de ces estimations tient au manque d'informations sur l'éventail des tailles des nouvelles mines). Avec une définition fondée sur un changement d'affectation des terres (à l'exclusion des routes forestières), les émissions du Canada résultant des trois principales sources se situeront entre 4 et 9 Mt CO<sub>2</sub> par an.

Il convient de signaler que les programmes de boisement analysés à la section 3.2 risquent d'être une source future de déboisement, si les terres ne restent pas en permanence couvertes de forêts. Si les propriétaires transforment leurs terres en couvert arboré, mais décident plus tard de les réaffecter à l'agriculture, cela se traduira par un débit de déboisement (équivalant aux unités de carbone accumulées pour la superficie boisée).

**Tableau 3.4.3**  
**Incidence des autres définitions de déboisement**

Définition possible de déboisement	Sources par secteur (Mt CO <sub>2</sub> par an)	Émissions totales (Mt CO <sub>2</sub> par an)
1) Changement d'affectation des terres uniquement	<i>Principales sources</i>	
	Agriculture	2 - 6
	Exploitation minière et pétrolière	1 - 2
	Production d'électricité	1
	<b>Total</b>	<b>4 - 9</b>
	<i>Sources mineures</i>	
	Développement urbain	1
	Transports	0,2
2) Enlèvement du couvert /enlèvement partiel de la forêt (p. ex. routes forestières) seulement	Loisirs	<0,1
	<b>Total</b>	<b>1</b>
	Foresterie	4
3) Changement d'affectation des terres et enlèvement du couvert /enlèvement partiel de la forêt	1) + 2) (toutes les sources ci-dessus)	9 - 14



Les estimations montrent que le secteur agricole et le secteur forestier sont les deux principales causes de déboisement et qu'ensemble ils représentent entre 6 et 10 Mt CO<sub>2</sub> par an. L'estimation concernant le secteur forestier, qui se chiffre à 21 600 ha par an, représente environ 2,2 % de la superficie exploitée chaque année. Cette estimation repose sur un rapport du CCMF (1997) et résume les estimations provinciales de la superficie de terres improductives qui résulte chaque année des « ... routes, des premiers dépôts transitoires et des développements non forestiers qui ne visent pas la production de bois d'œuvre. Ces secteurs englobent également les sites que l'érosion, une élévation de la nappe phréatique ou d'autres formes de dégradation ont rendu impropres à la foresterie » (CCMF, 1997). La majeure partie de la superficie est constituée de routes forestières.

La base de données REGEN, d'où sont extraites ces estimations, est régulièrement actualisée, et la plupart des provinces fondent leurs estimations de l'augmentation des terres improductives sur un pourcentage de superficie exploitée qui avoisine 4 %, mais qui peut varier entre 3 % et 7 %. Le pourcentage comparable pour la C.-B. (selon une autre source) est d'environ 5 %. L'Alberta, le Québec, l'Î.-P.-É., le Yukon et les T.N.-O. ne mentionnent pas la création de terres improductives. Si l'on applique la moyenne de 4 % à la superficie totale exploitée au Canada, la superficie déboisée chaque année pour la construction d'infrastructures pourrait être d'environ 40 000 ha par an, soit deux fois plus que ce qui est indiqué au tableau 3.2.2. Les deux estimations excluent les chemins secondaires, les dépôts transitoires et les pistes de débardage, qui sont généralement mis hors service (c.-à-d. remis à l'état de forêt).

Comme nous l'avons vu plus haut, l'abattage d'arbres pour la construction de routes forestières et d'infrastructures forestières connexes pourrait ne pas être considéré comme une activité de déboisement si l'on adopte une définition qui ne tient compte que du changement d'affectation des terres. Une définition qui englobe les routes forestières dans les activités de déboisement risque de pénaliser les pays plus jeunes, comme le Canada, qui ont des infrastructures moins développées. Et il est incontestable qu'avec le temps, tandis que l'industrie s'apprête à exploiter les peuplements de seconde venue parvenus à maturité, le rythme de construction de routes devrait baisser. Il faut aussi noter que les pratiques d'aménagement forestier durable ont, dans certains cas, entraîné un besoin accru de routes : par exemple les contraintes de contiguïté et d'« écologisation », combinées à des parcelles de coupe plus petites, signifient que les superficies annuelles d'exploitation d'une entreprise sont étalées sur un secteur plus vaste.

Les écologistes estiment que toute construction de route doit être considérée comme une activité de déboisement et s'opposent à toute définition qui ferait une distinction entre les routes construites dans le but d'enlever des arbres (qui ne seraient pas considérées comme une activité de déboisement) et les routes construites à d'autres fins (qui seront sans doute considérées comme une activité de déboisement). Ils pensent que, dans l'optique du changement climatique, il s'agit là d'une distinction parfaitement arbitraire et illogique.

### **Agriculture**

La conversion des forêts au profit d'utilisations agricoles tombe dans l'une et l'autre des définitions du déboisement proposées par le Secrétariat de la CCCC, et constitue donc une source directe d'émissions de CO<sub>2</sub> durant la première période d'engagement. Les estimations de Robinson *et al.* (1999) du déboisement dans le secteur agricole, qui reposent sur une comparaison des statistiques sur la superficie tirées des recensements agricoles de 1991 et 1996, sont illustrées au tableau 3.4.4. Dans certaines provinces, la superficie totale des fermes recensées a grandement augmenté en l'espace de cinq ans. Malheureusement, les données ne permettent de tirer aucune conclusion sur l'origine des terres agricoles (c.-à-d. si elles étaient boisées ou non). On peut néanmoins faire certaines déductions pour démontrer les ordres de grandeur des activités de déboisement à des fins agricoles. Exception faite des provinces qui affichent une baisse, la somme des augmentations de la superficie totale des terres agricoles se chiffre à 1 027 km<sup>2</sup> par an. En supposant que 20 % seulement (c.-à-d. la moitié des 40 % de l'assise territoriale nationale actuellement boisée) des 1 027 km<sup>2</sup> par an proviennent des forêts, cela ajoute 250 km<sup>2</sup> par an aux statistiques sur le déboisement. En supposant un niveau d'incertitude de  $\pm 10\%$ , on obtient des limites supérieure et inférieure de 103 et de 308 km<sup>2</sup> par an.

**Tableau 3.4.4**  
**Variation de la superficie des terres agricoles totales au Canada, 1991-1996**

Province	1991 hectares	1996 hectares	Variation ha/an	Variation km <sup>2</sup> /an
Colombie-Britannique	2 392 350	2 520 794	25 689	257
Alberta	20 811 074	21 028 729	43 531	435
Saskatchewan	26 865 581	26 568 586	(59 399)	(594)
Manitoba	7 725 017	7 730 941	1 185	12
Ontario	5 451 398	5 603 405	30 401	304
Québec	3 429 622	3 431 909	457	5
Nouveau-Brunswick	375 632	376 386	151	2
Nouvelle-Écosse	397 033	392 472	(912)	(9)
Île-du-Prince-Édouard	258 875	264 817	1 188	12
Terre-Neuve	47 353	43 588	(753)	(8)
<b>TOTAL</b>	<b>67 753 935</b>	<b>67 961 629</b>	<b>41 539</b>	<b>415</b>

Source : Statistique Canada. À l'exclusion des exploitations figurant dans le recensement de 1996 qui ne cultivent que des arbres de Noël.

Une étude distincte (Tyrczniewicz *et al.*, 1999) a été réalisée pour essayer de mieux comprendre l'interface agriculture-foresterie et déterminer s'il existe des politiques sur l'agriculture ou l'affectation des terres qui soient de nature à favoriser le déboisement dans ce secteur. Un sondage à cet effet mené auprès de responsables provinciaux a plus ou moins confirmé les résultats de l'étude de Robinson *et al.* (1999), sauf pour l'Ontario, où les chiffres paraissent trop élevés, et pour la Saskatchewan, où ils paraissent trop bas. En outre, divers membres de la Table de l'agriculture ainsi que des membres provinciaux des Tables du secteur forestier et des puits ont déclaré que les chiffres de l'étude de Robinson *et al.* (1999) pouvaient être des surestimations, même s'ils n'ont pas pu fournir de chiffres plus exacts.

Compte tenu de l'importance possible du défrichement des terres agricoles comme cause de déboisement au Canada (contribuant pour 20 % à 40 % aux émissions actuelles totales résultant du déboisement, présentées au tableau 3.4.2) et de la probabilité qu'il soit inclus dans le Protocole de Kyoto, il serait bon d'entreprendre une analyse plus fouillée des interventions possibles visant à réduire la coupe des forêts au profit de l'agriculture.

### 3.4.2 Contexte politique

Il est manifeste que le déboisement touche un grand nombre de secteurs et vise un grand nombre d'objectifs économiques et sociaux, notamment le développement économique et régional, la création d'emplois et la construction de logements et d'infrastructures de loisirs. Il faudra trouver un équilibre entre les politiques de réduction des sources d'émissions de CO<sub>2</sub> résultant du déboisement, et tout un éventail d'activités et d'objectifs stratégiques des gouvernements, ainsi qu'avec les intérêts des intervenants qui sont tributaires de ces activités pour leurs revenus et d'autres utilisations. En outre, les politiques de réduction des activités de déboisement nécessiteront l'intervention de toutes les instances (fédéral, provinces et municipalités), étant donné le caractère généralisé mais éparé des activités de déboisement sur les terres publiques et privées, et l'éventail des politiques et règlements susceptibles de favoriser ou de limiter les pratiques de déboisement. Pour mieux illustrer la conjoncture politique complexe et la multiplicité des activités de déboisement, le tableau 3.4.5 présente un certain nombre de politiques possibles, qui visent les principaux secteurs où ont lieu des activités de déboisement.

L'issue des négociations, surtout en ce qui concerne la définition et l'interprétation du déboisement, sera critique en ce sens qu'elle déterminera les types d'activités de déboisement qui seront comptabilisées comme source d'émissions de CO<sub>2</sub>. La nature des composantes des stocks de carbone qui seront comptabilisées, comme la biomasse aérienne et souterraine, revêt également de l'importance. Le besoin de vérifier et de surveiller les variations des stocks de carbone dues aux activités de déboisement nécessitera d'autres outils scientifiques et systèmes de mesure, selon le type et l'étendue des activités. Le déboisement qui touche avant tout les terres privées, comme la conversion des forêts à l'agriculture, par exemple, présentera d'autres obstacles attribuables à la diversité géographique des activités de défrichement.

Si le déboisement de terres pour la construction de routes et d'infrastructures forestières est couvert par la définition du déboisement, diverses interventions peuvent alors être faites pour minimiser les débits. Divers intervenants ont proposé des options comme le débusquage avec des chevaux ou par hélicoptère, mais les conséquences économiques et environnementales de ce type de réponse devront être analysées de près. En général, on peut s'attendre à ce que la construction de grandes routes pour le secteur forestier baisse avec le temps, à mesure qu'un plus grand nombre de forêts de seconde venue seront exploitées. Parmi les interventions que l'on peut envisager pour atténuer l'incidence de la construction de routes forestière :

- a) la réduction du volume de bois récolté (qui aura des incidences néfastes significatives sur l'emploi et la rentabilité des scieries);
- b) la réduction de la longueur des routes construites par unité de bois récolté en augmentant l'échelle des coupes rases pour maximiser l'efficacité de la construction routière (ce qui aura des effets néfastes sur la biodiversité, la protection de l'eau et/ou l'esthétique);
- c) la réduction de la dépendance envers l'exploitation forestière dans les secteurs sans chemins en utilisant les fibres provenant de secteurs déboisés ou d'autres secteurs faisant l'objet d'un aménagement intensif (ce qui entraîne des problèmes pratiques posés par les distances de transport et les tenures);
- d) la remise accélérée en l'état naturel des chemins secondaires, des dépôts transitoires et des pistes de débardage (ce qui est présumé dans les estimations qui figurent au tableau 3.2.2).

Les politiques visant à réduire les activités de déboisement au profit de l'agriculture devront être mises en balance avec d'autres objectifs économiques et sociaux (comme le développement économique régional et l'emploi rural), compte tenu de l'importance de l'agriculture pour un grand nombre de communautés rurales. Par ailleurs, étant donné que la majeure partie du déboisement des forêts au profit de l'agriculture et des pâturages touche des terres privées, les politiques visant à réduire les activités de déboisement nécessiteront la collaboration et la participation des gouvernements provinciaux et des propriétaires fonciers. Un éventail d'options politiques devra être évalué pour déterminer la combinaison la plus rentable de interventions facultatives et/ou obligatoires visant à réduire le déboisement des terres privées, considérant la diversité des politiques et des règlements agricoles en vigueur.

**Tableau 3.4.5**  
**Exemples de politiques visant à réduire le déboisement**

Source cible	Types de politiques	Principaux intervenants et (ou) préoccupations publiques
<i>Catégories de changement d'affectation des terres</i>		
Défrichement agricole	Incitatifs fiscaux pour la protection des forêts; versement d'indemnités/pactes de conservation; contrôles de planification des coupes forestières; politiques d'éducation et de promotion.	Baisse des rendements et de la compétitivité du secteur agricole. Risque d'effet néfaste sur certaines régions agricoles plus que sur d'autres (comme les provinces de l'Ouest). Les coûts de surveillance et de déclaration risquent d'être élevés.
Exploitation minière et pétrolière	Codes de pratiques minières et règlements visant à minimiser les coupes forestières; obligations de performance environnementale; incitatifs fiscaux/aide financière pour promouvoir les meilleures pratiques écologiques.	Baisse des rendements et de la compétitivité du secteur minier. L'approche réglementaire risque de majorer les coûts d'exploitation et d'extraction.
Production d'électricité	Contrôles/règlements de planification écologique pour minimiser le déboisement au niveau des projets; y compris les prescriptions hors site (p. ex. les prescriptions en matière de plantation compensatrice).	Augmentation des coûts de l'électricité.

Développement urbain/résidentiel et loisirs	Règlements sur les coupes forestières; obligations de performance environnementale; projets d'aide fiscale/financière pour réduire les coupes forestières au niveau des projets.	Risque de majorer le coût des développements locaux comme le logement et les loisirs (p. ex. centres de ski, terrains de golf). Nécessitera la collaboration et l'établissement de partenariats avec les provinces et les municipalités. Risque de réduire l'assiette fiscale des administrations municipales par une baisse des investissements.
<i>Catégories non liées à un changement d'affectation des terres (p. ex. enlèvement partiel du couvert vertical au sol)</i>		
Routes et infrastructures forestières	Codes de pratiques forestières/lignes directrices visant à minimiser les coupes d'arbres pour les infrastructures forestières et à accélérer la restauration des sites perturbés; programmes hors site comme le boisement et l'utilisation d'autres forêts faisant l'objet d'un aménagement intensif pour réduire la dépendance à l'égard des secteurs sans route pour l'approvisionnement en bois.	Fait partie des opérations forestières normales et non du déboisement. Risque de restreindre l'accès à de vastes secteurs non développés au Canada, particulièrement en Colombie-Britannique. Il y a peu de chances pour que les programmes hors site neutralisent la dépendance à l'égard des zones actuellement sans route, du moins à moyen terme.

Selon une étude des Tables du secteur forestier et des puits visant à déterminer si les politiques actuelles d'affectation des terres ou les politiques agricoles favorisent le déboisement, le déboisement à des fins agricoles est limité et accuse même une baisse, et il y a peu d'indications qu'il risque d'augmenter dans la conjoncture économique et politique actuelle. L'étude révèle également que le principal facteur régissant le défrichement agricole est l'évaluation par le propriétaire privé de la rentabilité relative de l'affectation des terres à la foresterie ou à l'agriculture, et que les terres qui seraient plus rentables si elles étaient affectées à l'agriculture le sont déjà. L'aide financière publique à l'agriculture a diminué ces dernières années, réduisant ainsi les incitatifs à la conversion des terres.

Il est important de noter que tout déboisement durant la période d'engagement compliquera le respect par le Canada des engagements pris à Kyoto, même si le taux de déboisement diminue avec le temps. En effet, les émissions de CO<sub>2</sub> résultant du déboisement ne figurent pas dans les niveaux de base de 1990, alors que les émissions résultant du déboisement durant la période d'engagement sont ajoutées aux émissions dues aux combustibles fossiles afin de déterminer la conformité à l'objectif, ce qui augmentera les efforts d'atténuation nécessaires pour atteindre l'objectif. Même un faible déboisement peut être important, car les débits sont relativement « instantanés » et ne peuvent pas être neutralisés facilement par les unités attribuables au boisement ou au reboisement.

Les politiques de déboisement peuvent avoir l'effet pervers d'accélérer certains types d'activités de déboisement avant la première période d'engagement. Le potentiel d'un effet environnemental pervers est essentiellement attribuable à la méthodologie de comptabilité qu'exige le Protocole de Kyoto, qui fait intervenir les variations vérifiables des stocks de carbone au cours de la première période d'engagement (c.-à-d. entre le 1<sup>er</sup> janvier 2008 et le 31 décembre 2012), y compris des variations des stocks de carbone résultant des activités de déboisement. Une conséquence possible de ces règles de comptabilisation est que le déboisement qui survient avant 2008, par exemple en 2001, peut ne pas être comptabilisé, ce qui incite à entreprendre des activités de déboisement avant la première période d'engagement. Les facteurs d'atténuation possibles contre cet effet pervers sont entre autres les lois et politiques en vigueur sur l'environnement et l'aménagement des terres, et l'élaboration de politiques nationales visant à reconnaître les unités au titre des mesures hâtives qui ont pour effet de diminuer les activités de déboisement.

En outre, la dynamique des changements qui surviennent dans les stocks de carbone pourra quand même entraîner la comptabilisation de certaines émissions résultant d'activités de déboisement qui ont lieu avant 2008. Cela s'explique principalement par l'effet décalé des émissions de certains bassins de carbone comme les sols, l'humus et les débris ligneux grossiers, qui peuvent se traduire par une augmentation des émissions de CO<sub>2</sub> pendant plusieurs années après la perturbation initiale due au déboisement.



*Autres analyses/études nécessaires*

Même si les études réalisées par les Tables du secteur forestier et des puits nous ont aidés à mieux comprendre le déboisement, les estimations sont toujours entourées d'une grande incertitude. Les données sur la superficie, l'emplacement, les rejets de carbone et les causes du déboisement demeurent limitées, ce qui constitue une importante lacune. Il est possible d'améliorer les estimations sur le déboisement en menant des recherches plus poussées, notamment en combinant les technologies de télédétection aux enquêtes statistiques. Il faut également mener des recherches plus fouillées sur l'élaboration et l'adoption de politiques efficaces pour réduire le déboisement, compte tenu de la diversité des activités et de sources des différents secteurs qui contribuent actuellement au déboisement au Canada. Mais, avant tout, il faut lever les incertitudes qui entachent les données clés et les définitions.

### **3.5 Actuellement non visés par le Protocole : la forêt aménagée et le carbone stocké dans les produits forestiers**

Le paragraphe 3.3 du Protocole prévoit des négociations sur d'autres activités humaines entraînant des émissions par les sources et l'absorption par les puits forestiers. Ces activités seraient ajoutées à celles qui sont déjà autorisées par le Protocole dans la deuxième période d'engagement et les périodes suivantes, ainsi que dans la première période d'engagement si la Partie en décide ainsi. C'est pourquoi on a proposé diverses activités susceptibles de renforcer les puits de carbone dans les forêts. Ce sont entre autres les activités d'aménagement comme l'éclaircie, la fertilisation et la protection contre les feux de forêt. L'intérêt de cette démarche est qu'elle permet la reconnaissance des activités supplémentaires qui augmentent le stockage du carbone, même s'il est établi que la forêt aménagée du Canada constitue une source. Certains membres de la Table estiment toutefois qu'une hausse du nombre d'activités reconnues dans le Protocole compliquera la méthodologie de comptabilisation des variations vérifiables des stocks de carbone que l'on peut attribuer à ces activités précises.

Une autre façon de procéder consiste à englober toutes les activités d'aménagement dans un secteur précis, comme la forêt aménagée, et de comptabiliser intégralement les variations des stocks de carbone dans cette région, notamment l'impact de diverses pratiques d'aménagement forestier. Cela cadrera mieux avec les objectifs d'aménagement forestier durable que visent de nombreux pays, dont le Canada, en plus de traiter de manière plus complète les puits et les sources que ce qu'autorise l'actuelle approche morcelée des activités RBD. La présente section n'envisage pas l'option d'ajouter plusieurs activités d'aménagement forestier précises au Protocole, mais elle analyse ces activités dans le cadre de l'approche de la forêt aménagée.

Les questions liées à la comptabilisation d'autres activités seront abordées dans le rapport spécial du GIEC sur l'affectation des terres, le changement d'affectation des terres et la foresterie, qui doit paraître au début de l'été 2000, et il se peut que des décisions soient prises au sujet du paragraphe 3.4 à la CdP6, à l'automne 2000. À ce titre, il est important que le Canada détermine le plus rapidement possible l'incidence nette sur son bilan du carbone de chaque option de négociation et décide quelle option il doit promouvoir dans les négociations internationales.

Une question connexe mais distincte a trait à la comptabilisation du carbone stocké dans les produits forestiers. Si l'on opte pour une démarche axée sur la forêt aménagée, il faudra alors comptabiliser les variations des stocks de carbone attribuables aux activités d'exploitation. Pour une comptabilisation exacte des stocks de carbone, il est essentiel de tenir compte du stockage et de l'oxydation subséquente du carbone dans les produits forestiers. Actuellement, les lignes directrices du GIEC présumant qu'une fois qu'un arbre est abattu, les émissions se produisent dès cette année-là. C'est une simplification à outrance, étant donné qu'une partie de la biomasse pourrira sur place, qu'une autre partie pourrira un peu plus tard dans une décharge et qu'une partie restera stockée pendant des années, comme par exemple dans une charpente de maison. Un certain nombre d'options analysées dans cette section ne profiteront au Canada que si le stockage du carbone dans les produits est comptabilisé correctement. Dans d'autres cas, la comptabilisation exacte des produits augmente l'apport (ou réduit le débit) des activités. Il se peut aussi qu'il soit possible de modifier les décisions sur les combinaisons de produits pour refléter les incidences sur le stockage du carbone, même s'il faudra équilibrer cette option avec quantité d'autres objectifs. En plus de comptabiliser le carbone stocké dans les produits forestiers, la question de savoir à qui « appartiennent » les unités qui se rattachent aux produits exportés revêt manifestement beaucoup d'importance pour le Canada.



Les pays reconnaissent l'insuffisance des lignes directrices actuelles du GIEC et ont proposé d'autres méthodes qui n'ont pas encore été approuvées. Par ailleurs, on ne sait pas encore clairement si les lignes directrices actuelles du GIEC s'appliqueront en fait à la comptabilisation du carbone selon le Protocole de Kyoto ou si de nouvelles lignes directrices seront élaborées.

Manifestement, il y a une limite biologique aux augmentations des stocks de carbone pouvant résulter des variations dans les pratiques d'aménagement forestier ou dans les stratégies des produits forestiers par rapport aux pratiques en vigueur. Tôt ou tard, les stocks de carbone de la forêt aménagée et des produits forestiers atteindront un certain équilibre et demeureront constants dans le temps, en supposant l'adoption de pratiques d'aménagement forestier durable et la poursuite de l'exploitation et de la protection des forêts. À ce stade, il se peut que le réservoir de carbone (en tonnes métriques totales de CO<sub>2</sub>) ait augmenté « de manière permanente », même si le puits (en Mt CO<sub>2</sub>/an) est nul (c'est-à-dire que les puits et les sources sont en équilibre). À ce titre, les apports des puits de carbone forestiers, mesurés par les variations dans la forêt aménagée, ne sont pas « une solution permanente » aux réductions d'émissions, même s'ils peuvent constituer une intervention provisoire utile, étant donné que les variations de l'aménagement forestier augmentent la quantité de carbone séquestré pendant un certain temps.

Les travaux réalisés par Marland et Schlamadinger (1998) avec le modèle GORCAM fournissent certaines indications utiles, mais il ne faut pas oublier que le modèle est établi pour les conditions qui règnent aux États-Unis et qu'il modélise des peuplements individuels plutôt que la forêt dans son ensemble. Le modèle GORCAM suit tous les stocks et flux de carbone sur lesquels les décisions d'aménagement forestier ont une incidence, et il englobe le stockage du carbone dans les produits forestiers, de même que la consommation des combustibles fossiles pour la récolte, la production de produits ligneux et d'autres matériaux de construction de rechange. Le modèle montre que, même si le stockage de carbone peut être important dans les arbres, les sols, la litière et les produits forestiers, tous ces bassins de carbone atteignent un équilibre avec le temps et n'autorisent donc aucune autre séquestration du carbone. À long terme, les principales contributions du secteur sont attribuables à l'utilisation des biocombustibles qui remplace l'utilisation directe des combustibles fossiles et à la baisse de la quantité de combustibles fossiles utilisés pour fabriquer des produits avec des matériaux à forte intensité d'énergie en les remplaçant par des produits ligneux. Cela s'explique par le fait que, si le carbone physiquement séquestré dans le bois reste séquestré uniquement pendant le cycle de vie du produit, les émissions de CO<sub>2</sub> évitées par la non-utilisation des combustibles fossiles le sont pour toujours. Ces résultats valent pour une forêt théorique et il y a beaucoup de différences entre celle-ci et une forêt réelle. Les effets transitoires des pratiques risquent d'être importants dans une forêt réelle.

### 3.5.1 Questions d'analyse et incertitudes

#### *La forêt aménagée*

L'approche de la forêt aménagée implique que toutes les activités d'aménagement dans la forêt aménagée sont prises en considération et qu'on comptabilise entièrement les variations des stocks de carbone dans ce secteur. Elle favorise le maintien et le renforcement des puits et des réservoirs de carbone, ce qui est l'un des objectifs de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques. Elle est plus équilibrée en ce sens qu'elle tient compte à la fois de l'absorption par les puits et des émissions par les sources, contrairement aux dispositions actuelles du Protocole de Kyoto (c.-à-d. les activités RBD). En outre, elle cadre mieux avec les objectifs d'aménagement forestier durable que visent de nombreux pays, dont le Canada, et paraît donc plus pratique dans une optique de intervention et de vérification des activités.

Principales incertitudes liées à l'approche de la forêt aménagée :

- ≡ composantes des stocks de carbone
- ≡ définition et étendue de la forêt aménagée
- ≡ émissions résultant d'incendies naturels ou causés par l'homme comptabilisées ou non
- ≡ règles comptables (pour déterminer les retranchements par rapport à l'objectif)
- ≡ comptabilisation du stockage dans les produits forestiers et façon de procéder
- ≡ méthodes de mesure et de vérification (mesure au sol versus modélisation)

Les conséquences de l'approche de la forêt aménagée varient d'un pays à l'autre, selon la structure des classes d'âge de leur inventaire, de l'étendue des activités d'aménagement visant la production de bois et d'autres objectifs, et du taux de croissance des arbres, entre autres facteurs. Il se peut que les stocks de carbone de la forêt aménagée d'un pays soient à la hausse, à la baisse ou constants dans le temps, avec le régime d'aménagement en vigueur. Par exemple, les États-Unis ont enregistré depuis 1990 une augmentation des stocks de carbone dans leur forêt aménagée qui s'explique à la fois par l'augmentation de la superficie affectée à la forêt et par l'augmentation résultant de la plantation de matériel sur pied dans cette forêt.

Du point de vue du Canada, l'approche de la forêt aménagée soulève un certain nombre de questions qui n'ont pas encore été résolues. On en veut pour exemple la définition de la forêt aménagée au Canada. Les estimations actuelles varient de 120 millions d'hectares à 235 millions d'hectares, selon la définition utilisée, la superficie forestière totale du Canada étant d'environ 417 millions d'hectares. D'aucuns soutiennent qu'une partie importante de cette superficie doit être considérée comme aménagée en raison de la décision consciente qui a été prise de « ne pas protéger » la forêt. Toutefois, le Canada diffère de la plupart des autres pays en ce sens que son industrie forestière exploite principalement la forêt naturelle selon un régime d'aménagement extensif (par opposition à intensif). Même les peuplements de seconde venue sont relativement peu aménagés. La superficie de la forêt dite aménagée au Canada risque en fait de changer avec le temps, par exemple à mesure que les prix des produits et les progrès technologiques rendent certaines régions économiquement accessibles et que l'on affecte certains secteurs à d'autres utilisations pour des raisons d'environnement et de conservation.

Le Canada connaît également beaucoup de perturbations naturelles par rapport à la plupart des pays. La Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques et le Protocole de Kyoto à la Convention portent exclusivement sur les émissions anthropiques. De ce fait, les émissions résultant de perturbations naturelles ne sont pas actuellement comptabilisées dans l'objectif du Canada. Mais, si le Protocole opte pour la démarche axée sur la forêt aménagée, il est difficile de savoir quel traitement sera réservé aux émissions de CO<sub>2</sub> attribuables aux feux de forêt. On estime que les forêts du Canada dans leur ensemble (c.-à-d. pas seulement les forêts aménagées) sont actuellement une source nette de CO<sub>2</sub>, de l'ordre de 69 Mt de C par an, principalement attribuable aux perturbations par le feu, comme on l'a vu plus haut. Si l'on tient compte de la conversion d'une partie de ce carbone dans les produits forestiers, les émissions annuelles moyennes nettes de la forêt globale sont évaluées à environ 45 Mt/an ou à 165 Mt d'équivalent-CO<sub>2</sub> (Kurz et Apps, 1999).

Il y a en outre l'incertitude mentionnée plus haut qui concerne la nature et la quantité des composantes des stocks de carbone dont le Protocole tiendra compte (p. ex. biomasse aérienne, biomasse souterraine, sol). Si la forêt aménagée était visée par le Protocole au lieu des activités RBD (ou en sus), le carbone stocké dans les produits forestiers devra également être pris en considération, étant donné que la récolte et la production de produits seront parmi les principales activités qui se dérouleront dans la forêt aménagée. Nous présumons ici que les activités RBD seront une composante de la forêt aménagée, donc que les secteurs boisés feront partie intégrante de la forêt aménagée, que le déboisement sera comptabilisé comme un débit et que le reboisement (quelle qu'en soit la définition) fera lui aussi partie intégrante de la forêt aménagée. De fait, si le reboisement est défini comme la régénération après la récolte, sur une période d'un siècle, la « forêt de Kyoto » équivaudra en fait à la « forêt aménagée » au Canada.

Il convient de se rappeler que le paragraphe 3.4 du Protocole stipule que la Conférence des Parties... « arrête les modalités, règles et lignes directrices à appliquer pour décider quelles activités anthropiques supplémentaires ayant un rapport avec les variations des émissions par les sources et de l'absorption par les puits des gaz à effet de serre dans les catégories constituées par les terres agricoles et le changement d'affectation des terres et la foresterie doivent être ajoutées aux quantités attribuées aux Parties visées à l'annexe I ou retranchées de ces quantités... » Les règles régissant l'ajout d'activités supplémentaires et la façon de les comptabiliser restent donc très incertaines. On ne sait même pas si la comptabilisation tiendra compte des variations des stocks de carbone sur la période d'engagement, même si c'est ce que nous avons présumé par souci de simplicité et de conformité au paragraphe 3.3. Une autre option sans doute plus réaliste pour inclure la forêt aménagée serait une approche net-net. Les absorptions nettes d'un pays (absorptions moins émissions) de la forêt aménagée en 1990 seraient incluses dans son niveau de référence de 1990. Le pays acquerrait donc un avantage net pour la période d'engagement si les absorptions nettes ont augmenté par rapport à 1990, et un débit net si elles ont diminué.

En raison de ces incertitudes, il est difficile d'estimer les absorptions nettes MSQ au Canada avec une approche de forêt aménagée. Des travaux préliminaires ont été entrepris avec le modèle du bilan du carbone (MBC, SCF2), mais

ils ne donneront que des estimations vagues pour d'autres scénarios, et il reste beaucoup à faire pour modifier le modèle et améliorer les données de base afin d'obtenir des estimations réalistes des variations des stocks de carbone dans la forêt aménagée.

Une définition possible de la forêt aménagée couvre les 138 millions d'hectares qui font partie de la forêt accessible productive de bois d'œuvre sur pied autre que les réserves. Une évaluation a été faite en utilisant les lignes directrices du GIEC sur la mesure, qui concernent exclusivement les émissions anthropiques. Sellers et Wellisch (1998) ont estimé qu'une superficie de 123 millions d'hectares était un puits net de 45 Mt d'équivalent- $\text{CO}_2$  en 1990, qu'elle est actuellement un puits d'environ 30 Mt et qu'elle sera un puits d'environ 10 Mt en 2010 (voir tableau 3.5.1). L'estimation de -45 Mt en 1990 faite par Sellers et Wellisch concerne une forêt aménagée de 122,8 millions d'hectares, qui exclut la forêt surannée, dont on suppose qu'elle n'absorbe plus de gaz carbonique. Ces résultats reposent sur la méthode de calcul figurant dans les lignes directrices du GIEC révisées en 1996, alors que d'autres méthodologies donnent des résultats différents. Comme nous l'avons vu plus haut, on a estimé que l'ensemble de la forêt canadienne était une source nette de 45 Mt par an en 1990. Les résultats qui figurent au tableau 3.5.1 ne tiennent pas compte des émissions des feux de friche dans la forêt aménagée, car l'impact à long terme des feux est censé faire partie du volume moyen de matériel sur pied par hectare. Le déboisement en est également exclu. Il ne faut pas oublier, lorsqu'on utilise et qu'on interprète ces estimations, que de nombreuses hypothèses ont dû être formulées. En outre, il se peut que les lignes directrices du GIEC soient révisées ou que de nouvelles lignes soient rédigées, comme nous l'avons déjà vu.

**Tableau 3.5.1**  
**Émissions (+) et absorptions (-) dans la forêt aménagée**  
**selon les actuelles lignes directrices du GIEC - 1990**

	Mt $\text{CO}_2$ /an
Accroissement	-290
Récolte*	176
Rémanents	69
<b>Absorptions nettes</b>	<b>-45</b>

\* Présuppose des émissions dès l'année de la récolte. (Source : Sellers et Wellisch, 1998)

Les représentants de l'industrie prétendent depuis longtemps que la croissance des forêts de seconde venue au Canada est nettement plus rapide que ce que l'on pensait auparavant et que les estimations de la croissance moyenne fondées sur les forêts existantes sous-estiment la croissance réelle de la forêt aménagée. En revanche, le volume total de carbone par hectare (c.-à-d. le réservoir) est en général plus élevé dans les forêts primaires, avec des exceptions régionales. Il y a de fortes chances pour que ces forêts soient considérées comme faisant partie intégrante de la forêt aménagée au moment de leur première exploitation, ce qui donne une réduction initiale du stock de carbone qui ne sera sans doute jamais entièrement compensée par la régénération subséquente, même si la productivité des forêts de seconde venue, en volume de carbone net par hectare par an, est sans doute beaucoup plus élevée. L'absence de données reconnues à l'échelle nationale sur la croissance et le rendement permet difficilement d'estimer les gains potentiels résultant de la forêt aménagée aux termes du Protocole. Ces données sont également nécessaires pour estimer les variations vérifiables des stocks de carbone durant la période d'engagement, étant donné que les « variations vérifiables » devront sans doute être estimées à partir de modèles et pas uniquement au moyen de mesures au sol réelles.

Il faut régler un autre point de négociation en suspens pour déterminer la contribution possible de la forêt aménagée pour le Canada. Il s'agit de la façon dont les émissions de  $\text{CO}_2$  provenant de l'énergie tirée de la biomasse seront considérées dans le cadre du Protocole. À l'heure actuelle, l'énergie tirée de la biomasse est considérée comme neutre sur le plan du  $\text{CO}_2$ . Une bonne part de la réduction des émissions directes de  $\text{CO}_2$  dans l'industrie des pâtes et papiers et des propositions devant mener à d'autres réductions repose sur le remplacement accru des combustibles fossiles par l'énergie de la biomasse. Si l'énergie de la biomasse est jugée neutre sur le plan du  $\text{CO}_2$ , c'est qu'on présume qu'elle provient d'une ressource forestière durable. Dans l'approche de la forêt aménagée, on comptabilisera

intégralement les flux de carbone, y compris les produits forestiers et la biomasse utilisée comme combustible, de telle sorte que, même si l'énergie de la biomasse neutralise toujours la consommation de combustibles fossiles, il deviendra sans doute nécessaire de mesurer les émissions de CO<sub>2</sub>. C'est pourquoi l'incidence de l'approche de la forêt aménagée pour le Canada ne peut pas être évaluée sans qu'on tienne compte des conséquences pour l'industrie.

Comme nous l'avons vu plus haut, les décisions des négociations ne seront sans doute pas prises avant l'automne 2000 ou même plus tard. Il est néanmoins important d'envisager les avantages possibles d'une modification du Protocole qui tiendra compte des variations des stocks dans la forêt aménagée et de considérer les types d'options qui pourront être prises pour accroître les stocks de carbone dans cette optique. Il existe diverses façons d'accroître les stocks de carbone dans la forêt aménagée qui sont généralement liées à l'augmentation des taux de croissance (c.-à-d. la productivité), l'allongement de la durée des révolutions et l'augmentation du volume maximum réalisable sur un site. Il existe des rapports complexes entre ces divers facteurs, et l'augmentation de l'un pendant que les autres restent constants aura pour effet d'augmenter les stocks de carbone, alors que l'augmentation de l'un aux dépens de l'un ou des deux autres ne se traduira pas nécessairement par un apport net de carbone. En outre, il importe de tenir compte de la dimension temporelle. Dans certains cas, il se peut que les stratégies ne fassent que déplacer le carbone dans le temps sans apport net global, même si cela peut présenter de l'intérêt pour ce qui est d'acquérir des unités de carbone plus rapidement.

Quelques recherches ont été menées sur les effets d'autres pratiques d'aménagement en vue d'accroître les stocks de carbone dans les terres forestières. La plupart des activités d'aménagement ont été étudiées dans l'optique de leurs incidences sur le volume marchand, et non sur la biomasse totale du site. Ce qui ressort clairement d'un examen de ces recherches, c'est que l'incidence de diverses stratégies d'aménagement (p. ex. l'éclaircie, l'espacement, la fertilisation) est propre à une essence et à un site et qu'aucune stratégie n'est adaptée à tous les types forestiers ni à toutes les régions (ou pays). D'où la difficulté d'estimer l'incidence potentielle de l'adoption de politiques visant à faciliter ces pratiques d'aménagement. Dans certains pays et régions, ces stratégies d'aménagement sont économiques et sont déjà utilisées pour accroître l'approvisionnement en bois – même si elles ne sont pas utilisées à grande échelle au Canada.

#### *Stockage du carbone dans les produits forestiers*

D'importantes quantités de carbone sont stockées pendant longtemps dans les produits forestiers. Le papier, le bois et d'autres produits forestiers contiennent du carbone qui, à l'origine, a été absorbé par l'arbre. Le carbone est stocké dans les produits forestiers pendant des laps de temps variables selon leur utilisation finale, avant qu'ils ne se décomposent et réémettent du carbone dans l'atmosphère. Selon le produit, le carbone peut être rejeté très rapidement ou très lentement dans l'atmosphère. Par exemple, certains produits en bois et en papier (comme les édifices historiques et les livres des bibliothèques) devraient piéger le carbone pendant plus longtemps que les produits de bureau en papier et les palettes de bois (voir tableau 3.5.2). Actuellement, les lignes directrices du GIEC présupposent qu'une fois un arbre abattu, les émissions sont émises la même année, ce qui, en fait, n'est vrai que pour une infime proportion du carbone de l'arbre.

Le fait de convertir des forêts parvenues à maturité en produits de bois massif a pour effet de piéger le CO<sub>2</sub> et d'empêcher son rejet dans l'atmosphère. Le carbone est rejeté une fois que le produit forestier a atteint la fin de son cycle de vie (c.-à-d. qu'il commence à se dégrader), qu'il est mis en décharge ou brûlé (voir tableau 3.5.2). Ce processus fait partie du cycle du carbone en général. Les processus de décomposition dans les décharges sont très différents pour le bois et pour le papier. Le bois se décompose très peu dans les décharges, de sorte que la proportion de bois massif convertie en CO<sub>2</sub> est infime (environ 3 %), même après très longtemps. Le papier et le papier journal, en revanche, se décomposent beaucoup plus rapidement, ce qui fait qu'une proportion beaucoup plus importante est convertie en CO<sub>2</sub> (16 % à 38 %).



**Tableau 3.5.2**  
**Demi-vie moyenne du carbone dans le papier et les produits en bois**

Utilisation finale	Demi-vie du carbone* (années)
Maisons unifamiliales (avant 1980)	80
Maisons unifamiliales (après 1980)	100
Maisons multifamiliales	70
Maisons mobiles	20
Construction non résidentielle	67
Palettes	6
Secteur manufacturier	12
Meubles	30
Traverses de chemin de fer	30
Papier (de pâte maigre)	6
Papier (le reste)	1

\* La demi-vie désigne le moment après lequel la moitié du carbone mis en service n'est plus en service.

Source : Skog et Nicholson (1998).

Bien entendu, tout le bois récolté n'est pas transformé en produits forestiers. Une partie reste sur place sous forme de rémanents, et une partie est transformée en déchets sur place à la scierie, même si une grande quantité de ces déchets de scierie sont transformés en d'autres produits (p. ex. copeaux de bois transformés en papier) ou brûlés pour produire de l'énergie (comme l'écorce), ou mis en décharge. La comptabilisation exacte de ces produits dérivés s'impose également pour la comptabilisation intégrale des flux de carbone.

L'augmentation (puits) ou la diminution (source nette) du bassin de carbone constitué par les produits forestiers dépend du fait que le volume de carbone récolté et transformé en produits est supérieur ou non au volume émis par le secteur manufacturier, additionné de la décomposition des produits plus anciens. Si la récolte augmente, le volume de carbone stocké dans le bassin des produits augmente rapidement; si la récolte est relativement constante (comme aujourd'hui), le bassin des produits n'augmente que lentement, mais il augmente toujours. L'augmentation annuelle moyenne du bassin des produits (nouveaux produits moins pertes dues au secteur manufacturier moins décomposition) provenant des forêts canadiennes se chiffre à 22,7 millions de tonnes de carbone (83,2 Mt CO<sub>2</sub>). Toutefois, 17,4 Mt sont exportées vers les États-Unis et à peine 5,6 Mt restent au Canada. Pour augmenter le stockage de carbone dans les produits forestiers, il faut promouvoir l'utilisation plus longue des produits forestiers par voie de récupération, de recyclage et de réutilisation, et réorienter la production en faveur de produits qui ont un cycle de vie plus long (p. ex. moins de papier journal, davantage de bois d'oeuvre). Le fait que le Canada profite ou non de l'augmentation des bassins de carbone des produits forestiers dépend des systèmes de mesure et de comptabilisation utilisés. La question qui se pose ici, étant donné que l'industrie canadienne est lourdement tributaire des exportations, est de savoir qui bénéficie des unités de stockage du carbone dans les produits et qui se voit débiter des éventuelles émissions, l'importateur ou l'exportateur.

### **3.5.2 Modification des pratiques d'aménagement forestier en vue d'accroître la séquestration du carbone dans la forêt aménagée**

Un certain nombre de interventions sont susceptibles d'augmenter les stocks nets de carbone de la forêt aménagée et, par conséquent, la contribution nette possible de la forêt aménagée à l'objectif que le Canada s'est fixé en matière de réduction des émissions, **en supposant que les négociations entraînent la nécessité de rendre compte des variations des stocks dans la forêt aménagée au cours de la période d'engagement et de les utiliser comme éventuel facteur de compensation.** Manifestement, tout changement apporté aux pratiques en vigueur doit se faire



dans le cadre de l'aménagement forestier durable et ne doit pas promouvoir la séquestration du carbone aux dépens d'autres objectifs relatifs à l'environnement ou au développement durable. Il est clair par ailleurs que les pratiques qui ont pour effet d'augmenter la séquestration du CO<sub>2</sub> ne sont pas forcément celles qui entraînent une augmentation du volume de bois marchand destiné à un usage industriel.

Parmi les stratégies d'aménagement forestier qui ont été proposées pour favoriser la séquestration du carbone figurent :

- ≡ la réduction du délai de régénération après une perturbation naturelle ou après la récolte, par voie de plantation ou d'ensemencement;
- ≡ la restauration des sites dégradés et des terres insuffisamment régénérées (IR);
- ≡ l'utilisation d'arbres génétiquement modifiés;
- ≡ la fertilisation;
- ≡ la lutte contre les ravageurs et les maladies;
- ≡ l'augmentation des interventions de protection contre le feu;
- ≡ la coupe d'éclaircie commerciale;
- ≡ la coupe d'éclaircie précommerciale;
- ≡ l'augmentation de l'âge d'exploitabilité;
- ≡ la modification de la combinaison d'essences (p. ex. planter des essences hybrides à croissance rapide et à courte révolution);
- ≡ la réduction des niveaux de récolte (c.-à-d. les réserves);
- ≡ le changement de méthode d'exploitation.

Certaines stratégies d'aménagement forestier, comme les coupes d'éclaircie commerciale et d'éclaircie précommerciale, permettent de maintenir ou de réduire la quantité de carbone sur place immédiatement après l'activité et présentent donc les plus gros avantages après la récolte en augmentant la quantité de carbone stockée dans les produits forestiers ou en assurant la survie de certains peuplements qui, autrement, auraient été récoltés. Même si la plantation et l'utilisation d'arbres génétiquement modifiés ont pour conséquence directe d'augmenter les stocks de carbone au cours des premières périodes d'engagement et au-delà, les apports de carbone résultant des coupes d'éclaircie commerciale et d'éclaircie précommerciale ne peuvent se matérialiser qu'au cours d'une révolution (c.-à-d. entre 40 et 60 ans). Pour obtenir des avantages au cours de la première période d'engagement et des périodes subséquentes, il faudra sans doute des règles de comptabilisation qui permettent d'amortir les avantages au cours de la révolution ou d'incorporer les unités de stockage du carbone des produits forestiers.

Les pratiques d'aménagement forestier intensif augmentent généralement la production moyenne de la forêt (c.-à-d. en m<sup>3</sup>/ha/an). L'impact total sur les stocks de carbone du matériel forestier sur pied est difficile à conceptualiser, à cause des effets provisoires dans le temps. Entre autres choses, les incidences transitoires dépendent de la répartition des classes d'âge de la forêt, de l'âge auquel le traitement est appliqué, de la durée de l'impact du traitement et l'existence d'une possibilité de coupe permettant d'accroître la récolte immédiatement après qu'on a investi dans la sylviculture. Cependant, le résultat global de la plupart de ces activités d'aménagement forestier intensif est une augmentation unique des stocks de carbone du matériel sur pied dans la forêt aménagée résultant des hausses de productivité, même si, à long terme, la récolte augmente dans des proportions égales à la croissance.

Le potentiel de séquestration du carbone de certaines activités précises d'aménagement forestier a été évalué par l'Association canadienne des pâtes et papiers (ACPP), qui n'a tenu compte que du carbone de la biomasse aérienne. La plupart des estimations de l'augmentation de la séquestration du carbone reposent sur des calculs préliminaires des volumes forestiers commerciaux (c.-à-d. marchands) et ne tiennent pas compte des incidences des activités sur tous les bassins de carbone de l'écosystème. Une étude scientifique et plus approfondie s'impose donc pour confirmer l'incidence du carbone, compte tenu de tous les bassins de carbone, y compris les sols. Rares sont les études qui ont évalué les répercussions économiques des activités d'aménagement forestier sur la séquestration accrue de CO<sub>2</sub>.

#### ***Réduction du délai de régénération et restauration des sites dégradés***

La plantation visant à régénérer une forêt après la récolte, à la place (ou en sus) d'un ensemencement aérien ou d'une régénération naturelle, accélère le processus d'établissement du peuplement et se traduit par des gains de carbone

grâce aux programmes d'amélioration génétique des arbres. La plantation ou d'autres activités de préparation du site après une perturbation naturelle peuvent également réduire le délai de régénération avant le rétablissement, même s'il faut soigneusement tenir compte d'autres valeurs comme la biodiversité et l'esthétique, ainsi que les coûts. La règle empirique est que la plantation procure un avantage de dix ans par rapport à la régénération naturelle. Aucune estimation du potentiel n'a été faite à ce jour. Actuellement, environ 45 % des secteurs exploités sont plantés au Canada. Voir également l'analyse à la section 3.3.2.

Il est également possible de remettre en état ou de restaurer des sites dégradés ou des secteurs qui se sont mal régénérés après la récolte (c.-à-d. les terres IR). Ces secteurs sont toujours considérés comme faisant partie de la forêt aménagée. Beaucoup de ces secteurs se sont régénérés en essences non commerciales et en arbustes, de sorte qu'il faudrait procéder à une évaluation pour assurer l'augmentation de la séquestration nette de carbone.

#### ***Amélioration génétique des arbres***

L'amélioration génétique des arbres désigne la création, la production et la plantation de matériel à croissance plus rapide, généralement au moyen d'un processus de sélection et de production de matériel de qualité supérieure. Les programmes d'amélioration génétique des arbres peuvent accélérer le taux de croissance, de même que la résistance des semis produits pour les programmes de plantation aux ravageurs et aux maladies. Si l'on pouvait augmenter de 15 % le taux de croissance par l'utilisation d'arbres génétiquement modifiés dans tous les secteurs plantés/ensemencés après 2000, la capacité d'accumulation au cours de la première période d'engagement serait d'environ 0,5 Mt CO<sub>2</sub>, mais elle augmenterait nettement avec le temps. L'analyse réalisée par l'ACPP fait état d'une hausse nettement supérieure, de 2 Mt CO<sub>2</sub>/an entre 2008 et 2012, même si elle part de l'hypothèse que 50 % seulement de tous les semis plantés seront des semis génétiquement modifiés. Cette estimation plus généreuse traduit l'hypothèse d'un taux de croissance nettement plus élevé dans le cas des jeunes arbres.

#### ***Fertilisation***

Il a été démontré que la fertilisation se traduit par une importante accélération de la croissance si elle est appliquée entre 10 et 15 ans avant la récolte finale sur certains sites. Il faut calculer le bilan net de carbone pour déterminer si l'augmentation du volume de carbone séquestré fait plus que neutraliser le carbone utilisé pour produire et épandre les engrais. Les avis à ce sujet divergent dans la documentation. On n'a pas non plus étudié les incidences à long terme de la fertilisation sur la biomasse totale d'un site (c.-à-d. sous-étage, biomasse des racines, carbone du sol, etc.).

#### ***Lutte contre les ravageurs et les maladies***

Les ravageurs et les maladies sont responsables d'une perte de volume ligneux de l'ordre de 61 millions de mètres cubes par an, contre 170 millions de mètres cubes dans le cas de la récolte et 88 millions de mètres cubes dans le cas des feux de forêt. Certains ravageurs et maladies peuvent être maîtrisés ou atténués par l'épandage de pesticides biologiques ou chimiques, même si ces applications ont diminué ces dernières années pour des raisons d'environnement et de santé. L'atténuation des dégâts causés par les ravageurs ou les maladies réduit le taux de mortalité des arbres, de manière que la forêt puisse être exploitée et le carbone stocké dans les produits forestiers (cela peut également entraîner qu'un autre secteur boisé ne soit pas exploité). L'ACPP estime qu'il s'agit là du moyen le moins coûteux d'accroître les stocks de carbone dans la forêt aménagée et qu'environ 6 Mt/an (ou un tiers du volume perdu chaque année) pourraient être économisées par des programmes d'épandage à grande échelle, au coût de 0,75 \$/t CO<sub>2</sub>. Ce chiffre part de l'hypothèse que l'unité de carbone équivaldrait au volume des arbres qui ont été « sauvés », sans tenir compte des répercussions d'épandages répétés sur un site particulier durant la vie des arbres. En dehors des préoccupations pour l'environnement et la santé, il règne une profonde incertitude quant à l'incidence à long terme de l'épandage sur les populations de ravageurs et sur l'accumulation de la biomasse, notamment sur la végétation du sous-étage et les niveaux endémiques des insectes ou des maladies visés par l'épandage, ainsi que d'autres insectes et maladies.

Il est clair toutefois que, dans l'approche de forêt aménagée où les variations des stocks de carbone servent à atteindre l'objectif du Canada, la question de la protection accrue des forêts pour éviter les pertes importantes dues aux ravageurs et aux maladies devra être analysée dans une optique stratégique. La réduction de la mortalité et des pertes résultant de perturbations naturelles peut dans certains secteurs être une option rentable. Toutefois, beaucoup plus de recherches et de données seront nécessaires à ce sujet avant que des options ne puissent être recommandées.

### *Éclaircie commerciale*

L'éclaircie commerciale est l'exploitation d'une partie d'un peuplement avant qu'il ne parvienne à l'âge d'exploitabilité (âge normal de la récolte). L'éclaircie consiste à enlever les arbres qui seraient normalement perdus par mortalité à un stade intermédiaire de la croissance du peuplement. L'éclaircie n'entraîne pas une augmentation de la quantité de biomasse sur pied à l'âge d'exploitabilité, mais elle se traduit par une augmentation du rendement au cours de la révolution en raison de l'utilisation de l'éclaircie et de la récolte finale. Le volume enlevé est converti en produits, ce qui stocke le carbone dans le bois et d'autres produits ligneux qui constituent un réservoir à long terme.

L'éclaircie commerciale permet également d'augmenter l'approvisionnement en bois, en ce sens qu'un hectare peut donner un volume plus élevé au cours de la révolution, laissant intacts d'autres peuplements qui auraient sans doute autrement été exploités.

Même si les taux actuels d'éclaircie commerciale sont très faibles au Canada, l'augmentation des éclaircies commerciales à 200 000 ha par an pourrait permettre de séquestrer 26 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> de plus au cours d'une révolution, selon les premières estimations de l'ACPP, qui s'est basée sur deux essences uniquement. Comme nous présumons que la forêt aménagée sera mesurée en fonction des variations des stocks durant la période d'engagement, cette hausse de carbone ne représentera un avantage positif que si le carbone stocké dans les produits forestiers (c.-à-d. résultant des éclaircies) est comptabilisé dans les stocks de carbone ou que le bois provenant des éclaircies commerciales contribue à réduire les activités d'exploitation ailleurs. Un autre avantage des efforts ou des incitations à accroître les éclaircies commerciales est la réduction possible des coupes rases dans certains secteurs.

D'autres recherches s'imposent pour évaluer si l'augmentation des activités d'éclaircie entraînera une réduction de l'apport des débris ligneux grossiers dans les bassins de matière organique morte de l'écosystème. L'un des objectifs sylvicoles de l'éclaircie est d'utiliser la biomasse qui serait autrement perdue par la mortalité des arbres. Ainsi, un moindre volume de carbone de la biomasse viendra s'ajouter aux bassins de matière organique morte, et ces bassins contiendront donc moins de carbone dans les peuplements éclaircis que dans les peuplements non éclaircis. Si les lignes directrices relatives à l'établissement de rapports pour le Protocole de Kyoto visent à la fois les bassins de la biomasse et de matière organique morte, l'avantage net de l'éclaircie sera alors inférieur à ce que l'on obtiendrait si l'on n'évaluait que les bassins de biomasse. Et si le carbone stocké dans les produits du bois n'est pas visé par le Protocole, il se peut alors que l'éclaircie ne soit pas une activité bénéfique du point de vue du carbone.

### *Éclaircie précommerciale*

Par éclaircie précommerciale, on désigne l'éclaircie de jeunes peuplements denses (âgés de 10 à 20 ans) afin que tous les arbres aient suffisamment d'espace pour pousser et se développer à la cadence optimale. Il est souvent utile d'ajuster la combinaison d'essences pour atteindre les buts en matière de biodiversité, de pratiques durables et d'autres activités d'aménagement. L'éclaircie précommerciale a pour effet d'accroître le diamètre moyen des tiges et de permettre des volumes marchands plus élevés, sans pour autant entraîner une augmentation de la biomasse à l'âge d'exploitabilité. La production de volumes marchands plus importants peut également augmenter les stocks de carbone si le carbone des produits forestiers est inclus, par exemple si l'on peut produire davantage de bois d'oeuvre. Cependant, l'éclaircie précommerciale peut réduire l'âge d'exploitabilité, ce qui permet d'exploiter un peuplement à un plus jeune âge, et elle peut également accélérer la croissance des forêts qui stagnent à cause d'une forte concurrence.

L'ACPP estime les taux actuels d'éclaircie précommerciale à 375 000 ha/an. Cela a pour effet d'accroître le volume de carbone séquestré en augmentant de 50 % le rendement des produits forestiers provenant d'un secteur donné avec le temps; par exemple, durant le même laps de temps, il y a trois révolutions au lieu de deux dans le même secteur. En d'autres termes, ces 375 000 ha/an produiront la même quantité de produits forestiers que 560 000 ha/an de sites non éclaircis. À raison d'une moyenne de 240 t CO<sub>2</sub>/ha à l'âge d'exploitabilité, cela représente une économie de 44 Mt CO<sub>2</sub> (240 t/ha x 185 000 ha/an). Autrement, on peut y voir une augmentation moyenne de 1,6 t/ha/an sur environ 150 ans. Cela signifie que les stocks de carbone augmenteront dans l'ensemble si l'on accorde des unités au titre du stockage de carbone dans les produits forestiers ou que le secteur exploité de la forêt aménagée est réduit dans l'ensemble (c.-à-d. que l'augmentation du volume récolté due à l'éclaircie précommerciale sert à compenser les volumes provenant d'autres secteurs). Les estimations ci-dessus reposent sur une seule essence.

L'ACPP estime que les programmes d'éclaircie précommerciale coûtent 4 \$/t CO<sub>2</sub>, mais il y a d'autres facteurs et avantages comme un plus grand diamètre et un âge d'exploitabilité plus bas, ce qui peut améliorer le profil coûts-avantages de cette activité pour l'industrie. En outre, les écarts régionaux au niveau des essences et des sites signifient que la réponse à une éclaircie précommerciale varie grandement dans tout le Canada.

### ***Augmentation de l'âge d'exploitabilité***

L'augmentation de l'âge d'exploitabilité d'un peuplement a pour effet d'accroître le volume sur pied du peuplement (en supposant que le peuplement n'ait pas encore commencé à décliner). Le fait de remplacer de longues révolutions par des révolutions plus courtes augmentera le volume moyen de carbone séquestré dans les arbres (en supposant qu'aucun changement ne se produit dans le régime de perturbation, etc.). À nouveau, il est difficile de savoir si le volume total de carbone augmente sur un site lorsqu'on tient compte d'autres stocks de carbone, notamment de celui du sous-étage. Pour l'ensemble de la forêt, l'allongement de l'âge d'exploitabilité de tous les peuplements risque d'avoir un impact sur le volume récoltable de la forêt, même si cela dépend de la structure d'âge de la forêt, des méthodes d'exploitation, des âges d'exploitabilité actuels, etc. Lorsque le CO<sub>2</sub> ou d'autres avantages non ligneux ont une valeur positive, les études révèlent que « l'âge d'exploitabilité optimal » augmente par rapport à ce qu'il serait autrement si l'on tenait compte uniquement des avantages ligneux.

### ***Réduction des niveaux de récolte***

Le fait de réduire les niveaux de récolte et/ou de mettre de côté des secteurs de forêts protégés pour la séquestration du carbone ou à d'autres fins peut ou non donner lieu à une augmentation des volumes sur pied et des stocks de carbone. L'impact se fera d'autant plus sentir que la récolte sera limitée aux régions où la succession et la croissance de la forêt naturelle donnent lieu à des peuplements à longue durée de vie ou dont le volume est plus important que si les secteurs étaient exploités en fonction d'un cycle d'exploitabilité conçu pour maximiser les flux de fibres. À nouveau, l'impact dépendra de facteurs comme la période qui s'écoule entre les perturbations naturelles par rapport à l'âge d'exploitabilité auquel le peuplement aurait autrement été récolté, l'âge moyen et la distribution d'âge de la forêt, les essences, la région, etc., ainsi que le type de produits forestiers produits après la récolte. Le coût économique d'une réduction des volumes récoltés pourrait être significatif (c.-à-d. un coût de renonciation élevé). En outre, s'il fallait protéger le secteur, il faudrait alors y ajouter le coût des mesures de protection. Avec le temps, la forêt a toutes les chances de vieillir et de dépérir, ce qui entraîne des pertes de carbone forestier dans l'atmosphère ou, si le secteur présente diverses classes d'âge, il pourra alors atteindre un certain équilibre sans pertes ni gains nets. De récentes études ont également démontré que la réduction ou le report des récoltes peuvent ne pas avoir d'incidence sur le carbone dans l'atmosphère en raison de l'augmentation des récoltes ailleurs dans le monde. L'usage accru d'autres produits à plus forte intensité énergétique risque également d'aboutir à une augmentation des émissions nettes.

### ***Résumé des effets sur le carbone sur place et hors site***

Les changements des pratiques d'aménagement forestier auront des effets à la fois sur le carbone sur site (c.-à-d. les arbres, la végétation, etc.) et sur le carbone hors site (c.-à-d. stocké dans les produits forestiers). Elles auront également un effet sur les intrants énergétiques; par exemple, le recours accru à la plantation pour la régénération après la récolte aura pour effet d'augmenter l'utilisation de combustibles fossiles comparativement à la régénération naturelle. Le tableau 3.5.1 résume les impacts au niveau des peuplements de divers groupes de pratiques d'aménagement forestier et fait ressortir la complexité de cette question. L'impact varie selon l'horizon temporel (court terme/long terme) et selon qu'on a recours à une augmentation du volume pour contrebalancer les récoltes provenant d'autres secteurs (le niveau global de récolte restant donc inchangé) ou pour augmenter le niveau de récolte.

Il y a également d'importants effets transitoires au niveau de la forêt qui ne se reflètent pas dans l'impact au niveau des peuplements. Il se peut que le volume sur pied de la forêt globale augmente ou diminue avec le temps en raison des traitements appliqués aux peuplements, mais l'effet dépendra de nombreux facteurs interdépendants comme la distribution des classes d'âge, les essences, etc. L'impact au niveau des peuplements est plus facile à comprendre conceptuellement que l'impact au niveau de la forêt, précisément à cause de ces effets transitoires.



**Tableau 3.5.1**  
**Résumé des effets sur le carbone sur site et le carbone hors site au niveau des peuplements**

Activité	Impact sur le carbone sur site		Impact sur le carbone hors site		Impact sur la consommation d'énergie	
	Arbres seulement	Biomasse aérienne et souterraine	Constance du niveau de récolte	Augmentation du niveau de récolte	Constance du niveau de récolte	Augmentation du niveau de récolte
<b>Plantation, amélioration génétique des arbres, fertilisation</b>	positif à court terme, variable à long terme	inconnu	neutre ou positif (s'il permet la production de produits de plus longue durée)	positif	consommation accrue	consommation accrue
<b>Éclaircie commerciale</b>	négatif à court terme, variable à long terme	inconnu	neutre ou positif (s'il permet la production de produits plus de longue durée)	positif	neutre ou consommation accrue	consommation accrue
<b>Éclaircie précommerciale</b>	négatif à court terme, neutre ou positif à long terme	inconnu	neutre ou positif (s'il permet la production de produits de plus longue durée)	positif (s'il permet la production de produits de plus longue durée)	neutre ou consommation accrue	neutre ou consommation accrue
<b>Lutte contre les ravageurs et les maladies, lutte contre le feu</b>	positif à court terme, inconnu à long terme	inconnu	neutre	positif	consommation sans doute accrue	consommation accrue
<b>Augmentation de l'âge d'exploitabilité, réduction des niveaux de récolte</b>	positif si le régime de perturbations naturelles est moins fréquent que le cycle de récolte	inconnu	négatif (mais peut également être neutre à l'échelle mondiale)		consommation réduite, même s'il peut indirectement y avoir une hausse de la consommation d'énergie advenant que la baisse de la récolte entraîne une hausse de l'utilisation de produits à plus forte intensité énergétique	

### 3.5.3 Protection contre le feu

Les perturbations naturelles, comme le feu et les insectes, jouent un rôle écologique important dans la dynamique des forêts du Canada, et ont de profondes répercussions sur l'accumulation de la biomasse et les émissions de gaz à effet de serre. Il faut souligner toutefois que la Convention-cadre sur les changements climatiques et le Protocole de Kyoto à la Convention ne visent que les émissions anthropiques. De ce fait, les émissions dues aux perturbations naturelles ne sont pas pris en compte dans l'objectif d'émissions du Canada. Il y a plusieurs aspects à considérer. L'un est la manière dont les émissions de CO<sub>2</sub> imputables aux incendies seraient traitées si le Protocole choisissait l'approche de la forêt aménagée. L'autre est l'efficacité relative de la protection contre le feu pour accroître le stockage du carbone. Le dernier est de savoir si le Canada devrait examiner la possibilité d'obtenir des crédits pour le carbone forestier protégé contre le feu, en tant qu'activité distincte aux termes du Protocole.

Les incendies de forêt libèrent du carbone au moment de la perturbation, transfèrent du carbone de la biomasse vivante aux bassins de matière organique morte, et ramènent la dynamique de l'écosystème à celle d'un peuplement en régénération. Ils jouent donc un rôle important dans la dynamique du carbone de l'écosystème, tant au moment de la perturbation que les années suivantes. Le feu étant un composant de la dynamique des écosystèmes forestiers, la libération de carbone due aux incendies doit être prise en considération dans la comptabilisation des changements des stocks de carbone. L'impact sur le changement des stocks de carbone indiqué dépendra de l'emplacement de l'incendie. Les rejets de carbone dus à des incendies survenant à l'extérieur de la forêt aménagée ne seraient pas



signalés dans une optique de « forêt de Kyoto ». Les feux touchant la forêt aménagée influeraient probablement sur les changements des stocks de carbone pouvant être indiqués aux termes du paragraphe 3.4.

Si la fréquence des perturbations entraînant le remplacement de peuplements s'accroît, le stockage du carbone baisse au niveau du paysage (Kurz *et al.*, 1998). En réduisant la fréquence des incendies (p. ex. par des mesures de suppression), on augmente le stockage du carbone au niveau du paysage ; on a donc proposé que la protection soit une méthode possible pour augmenter le stockage du carbone (Sohngen et Haynes, 1997). L'augmentation du stockage du carbone dans les bassins des arbres, de la litière et de la biomasse de sous-étage réalisée grâce à une réduction de 5 % de la superficie brûlée était de l'ordre de 0,5 Mt de C/an (ou 1,8 Mt CO<sub>2</sub>/an). L'étude n'a examiné aucune question liée à la comptabilisation de ces augmentations de carbone selon les lignes directrices du GIEC.

De plus, si les perturbations naturelles sont remplacées par la récolte et le stockage du carbone dans des produits forestiers, les émissions peuvent être moindres. Par exemple, une application du modèle MBC-SCF2 à une unité de gestion de forêt boréale située près de Hinton, en Alberta, a montré que la gestion et la récolte peuvent accroître le réservoir de carbone de la forêt (Price *et al.*, 1997). L'élément clé est une durée de révolution de la récolte qui est supérieure au cycle des perturbations naturelles, accompagnée de interventions de protection contre le feu et les autres pertes, de sorte que les perturbations naturelles sont remplacées par la récolte. Le résultat dépend bien sûr du type de forêt. Les forêts secondaires aménagées de C.-B., avec des durées de révolution bien inférieures à la durée de vie normale de deux siècles ou plus des forêts naturelles, stockent probablement beaucoup moins de carbone au total que la forêt naturelle.

#### **Situation actuelle**

Au cours des années 90, une moyenne de quelque 8 500 feux de forêt ont dévasté une superficie d'environ 2,9 millions d'hectares de forêt chaque année au Canada. Le nombre de feux varie significativement d'une année à l'autre (en général entre 6 000 et 11 000), et les fluctuations de la superficie totale touchée peuvent atteindre un ordre de grandeur (p. ex. 0,62 et 7,10 millions d'hectare en 1997 et 1995, respectivement). La plupart des années, la plus grande partie de la superficie brûlée est située dans de grandes zones d'observation des forêts (c.-à-d. de suppression extensive ou modifiée) où les incendies sont surveillés, mais pas activement combattus à moins de danger pour des éléments tels que des collectivités, des installations de loisirs, des sites industriels, etc. Ces zones sont situées dans le nord de la Saskatchewan, du Manitoba, de l'Ontario et du Québec, et la totalité des Territoires du Nord-Ouest, du Yukon et de Terre-Neuve (Labrador). Une moyenne de 6,4 % (3,7 à 10,7 %) des feux de la période 1990-1998 sont survenus dans ces zones, et ont représenté en moyenne 65 % (51,3 à 87,2 %) de la superficie brûlée totale au Canada. Les 35 % restants de la superficie brûlée au cours de cette période ont touché des forêts à protection intensive (considérées comme équivalent aux « forêts aménagées »), avec une moyenne d'un peu plus de 1 million d'hectares par an.

Sur le plan national, environ 35 % des feux (représentant quelque 85 % de la superficie brûlée) sont causés par la foudre. Le reste est attribuable à l'homme. Environ 95 % des feux survenus dans des zones d'observation sont dus à la foudre (ce qui reflète la faible densité de population). À peu près 97 % des feux touchant moins de 200 hectares sont combattus, mais les 3 % qui s'étendent à plus de 200 ha contribuent pour environ 97 % à la superficie brûlée. Les organismes de lutte contre les incendies affectent leurs ressources de manière à détecter les feux rapidement et à les circonscrire par une puissante attaque initiale, en particulier dans les zones de protection intensive. En règle générale, 3 à 4 % des feux survivent à l'attaque initiale, surtout en raison de foyers multiples ou d'un comportement particulièrement intense du feu (ou des deux), dépassant les ressources de suppression disponibles. Au Canada, les organismes provinciaux et territoriaux de lutte contre le feu consacrent chaque année une moyenne de 500 millions de dollars à cette activité.

#### **Options de renforcement de la protection contre les feux**

L'inclusion des puits du carbone dans le Protocole de Kyoto a conduit à évaluer le potentiel de séquestration du carbone des forêts du Canada, surtout à des fins de compensation des émissions dues aux combustibles fossiles. Bien que la gamme des activités forestières présentement visées par le Protocole soit limitée, les dispositions du paragraphe 3.4 ouvrent la porte à des négociations pour l'élargir. À cet égard, il a été avancé que nous devrions obtenir des unités pour la protection des forêts (c.-à-d. pour la réduction des libérations de dioxyde de carbone par rapport à ce qui aurait autrement été réalisé). Il s'ensuit la question des coûts et avantages possibles d'une

augmentation de la protection contre les incendies, en tant que manière de réduire les pertes par le feu et d'accroître le stockage de carbone dans les forêts.

Il est bon d'examiner les deux points séparément pour la zone de protection intensive et pour la zone de protection extensive ou d'observation. Il faut se rappeler que la zone de protection intensive correspond *grosso modo*, mais pas parfaitement, à la « forêt aménagée » (d'autant plus que, dans les faits, il n'y a pas de définition acceptée par tous de ce qu'est la forêt aménagée au Canada, ni de sa taille).

#### ***Zone d'observation des feux***

Le feu est une perturbation naturelle des forêts du Canada, essentielle au maintien et à la productivité des écosystèmes en raison de son influence sur la diversité du paysage et sur les cycles biogéochimiques, en particulier celui du carbone. Les organismes de lutte contre les incendies savent depuis longtemps qu'il n'est ni écologiquement souhaitable, ni économiquement faisable de vouloir les empêcher totalement, ce qui se traduit par la pratique courante de suppression modifiée dans les zones d'observation.

Les possibilités de séquestrer davantage de carbone en intensifiant la protection dans les zones d'observation actuelles ne sera probablement pas viable, pour diverses raisons :

- i. le feu est un phénomène naturel dans les forêts du Canada, et les préoccupations mondiales quant à la biodiversité exigent que les écosystèmes continuent de subir un certain nombre d'incendies;
- ii. les forêts de ces zones sont en grande partie non marchandes, surtout compte tenu des coûts de l'accès et de la récolte du bois;
- iii. la protection dans ces régions éloignées serait extrêmement coûteuse (établissement et maintenance des infrastructures) et donc moins efficace en raison des temps plus longs de détection et de réponse;
- iv. les scénarios actuels de changement climatique indiquent une aggravation des conditions météorologiques propices aux incendies, une augmentation de la fréquence et de la gravité des feux (surtout les feux de foudre), et des changements significatifs de la structure forestière et du stockage du carbone dans le nord du Canada, ce qui rend très incertains l'efficacité et les avantages en matière de carbone d'une protection accrue.

#### ***Zone de protection intensive contre le feu***

Au Canada, la zone de protection intensive couvre la totalité de la C.-B., de l'Alberta et des provinces de l'Atlantique, ainsi que le sud et le centre de la Saskatchewan, du Manitoba, de l'Ontario et du Québec. Dans cette zone, les forêts sont utilisées à des fins industrielles et récréatives, et les organismes de lutte contre le feu le combattent pour assurer la protection des vies et des biens, ainsi qu'un approvisionnement régulier en bois provenant des forêts industrielles ayant une valeur économique. La grande majorité des ressources de lutte contre le feu sont concentrées sur une protection intensive de ces atouts, et les organismes de lutte réussissent généralement à réduire les impacts des incendies dans la région. Est-il possible d'accroître efficacement la protection dans ces forêts? On a un certain nombre de raisons d'en douter.

Le feu ne peut pas être totalement éliminé, puisque les conditions météorologiques extrêmes causent souvent des situations qu'il est impossible de gérer (foyers multiples et comportement intense du feu), et que les feux résistent à l'attaque initiale. Quand c'est le cas, l'efficacité de mesures supplémentaires, et plus coûteuses, de lutte est gravement compromise, et les feux suivent leur cours. De plus, les organismes ne planifient pas en fonction de situations extrêmes, qui sont intermittentes, et devraient engager des coûts d'infrastructure qui ne seraient pas justifiés la plupart du temps. C'est bien un cas où s'applique la loi des rendements décroissants, car l'augmentation des dépenses ne garantit pas une augmentation du succès.

Les organismes de lutte contre le feu utilisent des modèles complexes pour positionner et affecter les ressources au cours de la saison des incendies. Le modèle LEOPARDS, récemment développé, est ainsi utilisé actuellement en Ontario. C'est un modèle théorique qui détermine la relation entre, d'une part, des coûts fixes (dépenses associées à la planification préalable à la lutte, ressources permanentes, infrastructure) et des coûts variables (dépenses liées à la gravité de la saison de feux, ressources supplémentaires requises, etc.) et, d'autre part, le taux de succès des attaques

initiales sur les feux. Il montre que le nombre de feux qui résistent à l'attaque initiale atteint un plateau de l'ordre de 4 %, même si les coûts fixes et variables sont portés au delà d'un certain seuil optimal. En supposant que les organismes canadiens de lutte contre les incendies (malgré les coupures du début des années 90) fonctionnent avec la combinaison la plus efficace de coûts fixes et variables, on peut avancer sans crainte que l'augmentation des dépenses de protection n'aura que peu d'effet sur le pourcentage de feux échappant à l'attaque initiale.

Le modèle LEOPARDS a été utilisé récemment pour une étude théorique en Ontario, et a indiqué qu'une augmentation de 7 millions de dollars des coûts fixes ferait économiser 3,5 millions de dollars en coûts variables, mais que cette dépense supplémentaire nette de 3,5 millions de dollars ne ferait baisser que de 1 % les feux échappant à l'attaque initiale, même si l'Ontario n'utilisait pas la combinaison optimale de coûts fixes et variables dans cette passe du modèle.

Avant que la séquestration du carbone ne devienne une question majeure, les organismes canadiens de lutte contre les feux avaient eu de bonnes raisons et occasions d'examiner l'impact des dépenses de suppression sur l'approvisionnement en bois, et en étaient probablement arrivés, de façon empirique, au niveau et à la combinaison optimaux.

### **Conclusion**

Certains ont avancé que la suppression des feux devrait être considérée comme une activité supplémentaire aux termes du paragraphe 3.4. Les gains en séquestration du carbone ainsi réalisés ne sont cependant pas faciles à calculer et ne sont pas non plus vérifiables. Sur quelle base de superficie brûlée chaque année mesurerait-on le succès des activités de protection? Comment pourrait-on vérifier la « baisse évitée » des stocks de carbone?

Il a été suggéré que l'on pourrait calculer un niveau de référence de superficie annuelle brûlée attendue, et que les efforts de suppression pourraient mener à l'octroi d'unités si la superficie brûlée est inférieure à ce niveau de référence (ACPP, 1998). La forte variabilité interannuelle de la superficie brûlée rend difficile l'application d'une telle approche. De plus, le triplement de cette superficie au Canada pendant les années 80 est survenu malgré les mesures de protection. Même si l'on pouvait calculer un niveau de référence de la superficie brûlée attendue, que ferait-on dans le cas d'une augmentation de cette superficie qui serait due à des facteurs hors du contrôle de l'homme? Est-ce que le crédit pour puits de carbone des années où il y a peu de feux serait annulé par les émissions des années où il y en a beaucoup?

Une autre question serait celle de l'imposition de débits pour les feux d'origine humaine, si la suppression était incluse dans l'entente à l'issue des négociations. Alors que les feux d'origine humaine contribuent pour 15 % à la superficie brûlée, ce chiffre pourrait monter considérablement si l'on ne considère que la forêt aménagée. En outre, il n'est pas toujours facile de déterminer si un feu a une origine humaine ou naturelle.

L'acquisition d'unités au titre de mesures de protection fructueuses est un projet extrêmement risqué dans les pays comme le Canada et la Russie qui possèdent de vastes ressources forestières. Les effets du feu varient beaucoup d'une année à l'autre, et le fait d'accepter la responsabilité des mesures de protection signifie qu'on court le risque d'importants débits de carbone les années où les feux sont nombreux, phénomène qui risque de devenir de plus en plus courant compte tenu des niveaux prévus de changements climatiques. À cause de ces questions et d'autres questions de comptabilisation du carbone, on peut prévoir que les interventions de protection ne seront sans doute pas considérées comme une activité forestière supplémentaire dans le Protocole. Toutefois, dans le cadre d'une démarche axée sur la forêt aménagée, il se peut que les pays soient tenus responsables des émissions résultant des feux de friche qui se déclarent dans leur forêt aménagée. Dans ce cas, il faudra soigneusement analyser les coûts et avantages d'un renforcement des interventions de protection contre le feu dans la forêt aménagée.

### **3.5.4 Modification des produits forestiers pour augmenter les stocks de carbone totaux**

Comme nous l'avons vu plus haut, certaines interventions pourraient être prises dans le but particulier d'influer sur les stocks de carbone des produits forestiers. L'avantage pour le Canada dépendra du fait que le carbone stocké dans les produits forestiers fasse ou non partie des stocks de carbone à retrancher des objectifs de réduction des émissions, ainsi que du système de comptabilisation/mesure utilisé pour suivre les stocks de carbone (p. ex. qui bénéficie des unités au titre du carbone qui se trouve dans les produits de bois exportés).

#### ***Modification de la combinaison de produits***

Si le carbone stocké dans les produits forestiers est inclus dans le Protocole de Kyoto, il sera alors possible de mettre en oeuvre des stratégies pour modifier les quantités relatives de produits afin de prolonger la durée de stockage du carbone avant son retour dans l'atmosphère. On pourrait notamment produire des produits de plus longue durée comme du bois d'oeuvre par opposition à des produits de papier. Il est clair qu'il faudra commencer par évaluer les marchés et déterminer si les arbres se prêtent à ce genre de mesure. Même s'il y a des variations à l'échelle régionale, la majeure partie du bois est actuellement transformé dans une scierie, tandis que les déchets vont dans les usines de pâtes et papiers, si bien que la portée de cette option paraît limitée.

#### ***Augmentation du recyclage***

Le recyclage des produits en bois et en papier a pour effet de ralentir le cycle du carbone. Le bois ou le papier réutilisé dans la production d'autres produits met ainsi plus de temps avant d'être mis en décharge ou de se décomposer d'une autre façon. Il remplace également du bois qui aurait dû être récolté dans la forêt. Toutefois, avant de recommander une augmentation du recyclage afin d'accroître les stocks de carbone, il faudra comptabiliser tout le carbone qui entre dans le recyclage du papier au Canada, étant donné que le vieux papier doit souvent être transporté sur de longues distances pour être recyclé, ce qui consomme des combustibles fossiles.

### **3.5.5 Évaluation plus approfondie des forêts aménagées et du carbone dans les produits forestiers**

#### ***Obstacles à la mise en oeuvre et exigences en matière de politiques***

De nombreux facteurs limitent la généralisation des diverses activités d'aménagement forestier décrites ci-dessus en vue d'accroître les stocks de carbone dans la forêt aménagée ou ailleurs. Ce sont entre autres :

- ≡ l'incertitude entourant la durée des tenures sur les terres publiques pour les entreprises qui hésitent à investir dans des activités visant à accroître l'approvisionnement en bois, sauf si elles sont sûres qu'elles auront le droit de récolter le bois;
- ≡ les coûts (la plupart des activités ne sont pas économiques sur beaucoup de sites);
- ≡ l'absence de reconnaissance officielle des avantages de ces activités sur le plan de la croissance et du rendement. L'augmentation des taux de croissance grâce à des investissements dans la sylviculture ne se traduit pas actuellement par une hausse des possibilités de coupe.

Outre ces obstacles plus généraux, il existe des obstacles propres au potentiel de séquestration du carbone de ces activités :

- ≡ l'exclusion de ces activités du Protocole de Kyoto;
- ≡ l'incertitude entourant la propriété des droits de carbone sur les terres publiques;
- ≡ le manque d'estimations scientifiques fiables sur les avantages en matière de carbone;
- ≡ les incertitudes quant aux taux de croissance des arbres et aux mesures nécessaires à l'établissement des rapports;
- ≡ le manque de connaissances sur les possibilités de compensation.

Parmi les types de politiques qui pourraient aider à surmonter certains de ces obstacles figurent :

- ≡ la reconnaissance par le gouvernement des avantages des mesures d'aménagement et la révision subséquente des possibilités annuelles de coupe (effet PAC);
- ≡ le règlement par les provinces des problèmes de tenure des terres à long terme ou l'engagement à dédommager les entreprises qui augmentent les taux de croissance par des traitements sylvicoles visant à accélérer la croissance, mais qui perdent néanmoins le droit de récolter les arbres;
- ≡ la réduction des redevances d'exploitation par volume au titre de l'éclaircie commerciale pour compenser la hausse des coûts par rapport à l'exploitation normale.

Parmi les politiques qui ont un rapport avec les unités de carbone :

- ≡ la négociation de l'inclusion de la forêt aménagée ou d'autres activités forestières dans le paragraphe 3.4 du Protocole de Kyoto;
- ≡ le règlement de la question de la propriété des droits de carbone sur les terres publiques;
- ≡ la mise en place d'incitatifs et de politiques visant à abaisser les coûts;
- ≡ des recherches pour mieux déterminer l'incidence sur le carbone des activités menées sur différents sites, essences et révolutions par une analyse approfondie des données existantes et la collecte de données détaillées sur la croissance et le rendement, notamment en ce qui concerne les forêts de seconde venue et les peuplements aménagés;
- ≡ la création d'un bureau central des échanges de carbone, notamment de ceux qui proviennent des forêts.

Il est clair que d'autres recherches sur les besoins en politiques s'imposeront à mesure que les données de base sur les incidences se préciseront et que l'issue des négociations deviendra plus claire.

#### ***Conséquences régionales et intrasectorielles***

Comme nous l'avons vu plus haut, l'incidence de ces divers changements sur les pratiques d'aménagement variera selon les régions, les essences et l'état du site. Les principales provinces qui produisent des produits forestiers sont la C.-B., le Québec, l'Ontario et l'Alberta, même si la foresterie revêt également une importance économique pour la plupart des autres provinces.

#### ***Conséquences sur le plan socio-économique et sur la compétitivité***

Ces diverses activités d'aménagement forestier entraîneront une amélioration des perspectives d'emploi, de la stabilité et du bien-être des communautés rurales, de la croissance des forêts et de l'approvisionnement en bois, et auront des retombées bénéfiques sur l'environnement. Les activités d'aménagement forestier peuvent contribuer à la durabilité économique et à la création d'emplois chez les étudiants et les membres des Premières nations, surtout dans les régions défavorisées. Ces programmes aident en outre la durabilité économique en préservant ou en améliorant l'approvisionnement en bois pour les entreprises de produits ligneux et, par conséquent, la rentabilité des scieries et des usines de papier locales. L'augmentation de l'approvisionnement en bois en général permet au secteur forestier de contribuer davantage à l'économie. L'industrie forestière est de loin le pion le plus important dans la balance commerciale du Canada et le plus gros employeur industriel.

Beaucoup de ces activités sont sans doute rentables lorsqu'on considère leur coût par tonne de CO<sub>2</sub>. Nous savons toutefois peu de choses de leurs incidences sur les bassins de carbone, en particulier sur la dynamique à long terme des divers bassins. Bon nombre de ces activités augmentant le volume de bois sur pied, il est nécessaire de tenir compte d'autres valeurs (p. ex. de l'augmentation des redevances payées aux gouvernements par les entreprises à cause d'une augmentation des récoltes).

#### ***Conséquences pour l'environnement et la santé***

Il se peut que la modification des méthodes d'aménagement forestier en vue d'accroître la séquestration de CO<sub>2</sub> entraîne divers coûts environnementaux et implications pour d'autres objectifs d'aménagement forestier. Elle aura des incidences sur les objectifs de conservation de la biodiversité et d'aménagement des écosystèmes (p. ex. diversité structurale des peuplements et aménagement d'habitats), l'esthétique du paysage et la planification des loisirs, la qualité des cours d'eau et de l'eau, et la régénération à long terme (p. ex. l'utilisation d'essences indigènes pour



minimiser les risques biologiques et les maladies). La nature et l'étendue exactes de ces types d'incidences sont incertaines et constituent donc une lacune importante. Il faut préciser que certaines de ces activités entraîneront une augmentation de l'utilisation de combustibles fossiles (voir tableau 4.5.1), surtout si les augmentations de volume visent une hausse des niveaux de récolte. En outre, une augmentation des niveaux de récolte entraînera une hausse des émissions résultant des activités de transformation. L'augmentation de la biomasse pourrait entraîner la consommation accrue d'énergie verte, ce qui aura des avantages positifs nets en ce qui concerne l'utilisation de combustibles fossiles. La production et l'utilisation accrues de produits ligneux présentent un avantage indirect pour l'environnement si ces produits servent à remplacer des matériaux de construction à plus forte intensité d'énergie, comme le béton.

On a certaines indications que les activités comme les coupes d'éclaircie précommerciale entraînent une augmentation des éléments nutritifs dans le sol là où les arbres coupés sont laissés se décomposer sur place. Cela peut également entraîner la création d'habitats pour la faune, comme en témoignent certaines études; par exemple, on a découvert d'importantes populations de tétras du Canada et de lièvres dans les forêts qui ont fait l'objet d'une éclaircie précommerciale.

#### ***Ampleur de interventions analogues dans d'autres pays***

L'American Forest and Paper Association appuie activement l'inclusion des forêts et des produits forestiers existants dans la comptabilisation du carbone afin d'atteindre les objectifs de Kyoto. Cette option jouit également de l'appui de la Table ronde internationale de l'industrie forestière, qui comprend l'Australie, le Brésil, le Canada, le Chili, la Finlande, la Nouvelle-Zélande, la Norvège, l'Afrique du Sud, la Suède et les États-Unis. En mars 1999, le projet de loi Chafee a été déposé devant le Sénat américain : il accorderait des unités réglementaires au titre des interventions volontaires visant à réduire les émissions de GES et reconnaîtrait également l'augmentation des réservoirs de carbone comme unités de carbone.

#### ***Autres analyses et études nécessaires***

Même si un examen préliminaire de la documentation indique qu'a été réalisé un grand nombre d'études des incidences sur le volume marchand aérien pour certaines essences précises et certains cas régionaux, d'autres analyses et la collecte d'autres données fondamentales s'imposent pour déterminer l'incidence de ces diverses interventions sur tous les bassins de carbone et évaluer leur impact pour toutes les essences et les sites au Canada. S'il a été difficile d'obtenir des soumissions d'experts-conseils à ce sujet, c'est à cause de l'absence générale d'expertise et d'informations sur la question. Même l'établissement des estimations MSQ a été difficile, étant donné que les analystes en mesure de faire ce genre d'analyses étaient déjà pris par les travaux d'autres Tables ou par des travaux liés au Rapport spécial du GIEC sur l'affectation des terres, les changements d'affectation des terres et la foresterie. Les travaux se poursuivront en vue de modifier le modèle MBC-SCF2 et la base de données afin de permettre l'analyse des estimations MSQ en vertu de la démarche axée sur la forêt aménagée. Il reste néanmoins beaucoup de travail à faire pour recueillir des données fondamentales, notamment sur les taux de croissance des forêts de seconde venue, l'analyse des incidences des mesures d'aménagement sur le carbone et d'autres impacts environnementaux. Il faut notamment analyser les effets nets en tenant compte de la consommation de carburant au titre de l'augmentation des activités d'aménagement.

#### ***Rapport avec d'autres interventions***

Les interventions visant à accroître la séquestration du carbone grâce au reboisement valent tout autant pour une approche de forêt aménagée. La réduction du déboisement dans la forêt aménagée présente elle aussi une utilité manifeste. On peut considérer que les secteurs qui font l'objet d'un boisement sont inclus dans la forêt aménagée. Par ailleurs, le bois extrait des secteurs boisés peut servir à compenser les réductions de la possibilité annuelle de coupe dues à la hausse de l'âge d'exploitabilité, ce qui évite d'exploiter les forêts primaires ou les forêts à fort volume ou d'autres forêts réservées au carbone, même s'il faudra surmonter de gros obstacles logistiques et juridiques.

### **Points de vue des intervenants**

La plupart des membres de la Table sont d'avis que l'approche de forêt aménagée mérite l'attention. De nombreux membres (surtout des représentants de l'industrie) déplorent l'insuffisance de l'analyse réalisée à ce sujet par la Table, compte tenu du potentiel de séquestration élevé de diverses interventions dans l'approche de forêt aménagée.

Tous conviennent que cette démarche doit être analysée plus en profondeur et que les négociations doivent se dérouler de façon prudente tant qu'on n'aura pas déterminé les conséquences nettes pour le Canada. Les membres de l'industrie tiennent tout particulièrement à ce que des politiques et des incitatifs soient mis en place le plus tôt possible afin d'encourager les interventions volontaires visant à accroître les stocks de carbone, même s'ils n'ont pas la garantie totale que l'approche de forêt aménagée sera adoptée dans le Protocole.

### **3.6 Conclusions et recommandations**

Les estimations réclament certaines mises en garde :

- ≡ Les estimations du boisement sont basées sur la meilleure information disponible, dans les délais accordés à l'analyse; cependant, les importantes lacunes des données et le manque de certaines informations de base entachent d'incertitude nombre des résultats. Par exemple, nous n'avons pas pu faire une pleine comptabilisation des coûts et avantages. Nous n'avons pas inclus les coûts de la protection des forêts, de l'exécution du programme, de la surveillance et de la vérification de la séquestration du carbone, non plus que des éventuels débits futurs de carbone. Les avantages laissés de côté sont en grande partie fonction de l'utilisation future de chaque superficie boisée; ce pourrait être par exemple des avantages environnementaux liés à la restauration de forêts dégradées ou morcelées, les recettes découlant de la récolte d'arbres pour les utiliser dans des produits forestiers ou pour produire de la bioénergie. Il pourrait aussi y avoir divers effets locaux sur l'emploi et la diversification économique.
- ≡ Les résultats du boisement sont basés sur un programme démarrant en 2001 avec accélération graduelle pour atteindre les objectifs de plantation en 2005. Il est très optimiste d'envisager que des programmes de boisement à grande échelle puissent commencer en 2001; l'échéance de 2002 ou 2003 serait sans doute plus réaliste, vu le temps nécessaire pour développer et promouvoir les programmes de boisement, obtenir les semis et impliquer les propriétaires terriens. Ce report abaissera évidemment la séquestration du carbone pendant la première période d'engagement.
- ≡ L'issue des négociations sera un facteur déterminant des impacts nets des activités de reboisement, de boisement et de déboisement, ainsi que des autres activités d'aménagement forestier, sur l'objectif du Canada pour la première période d'engagement et les suivantes.

#### **3.6.1 Recommandations concernant des mesures éventuelles**

Les lignes directrices du Secrétariat du changement climatique pour l'analyse des options prévoyaient quatre catégories de mesures :

- ≡ les mesures qui pouvaient être mises en place immédiatement (c.-à-d. en 2000) et devraient faire partie du noyau de la stratégie nationale du Canada pour réduire ses émissions sur la période 2008-2012;
- ≡ les mesures qui devraient jouer un rôle dans la stratégie du Canada mais qui, par exemple, exigent davantage d'analyses et/ou des consultations plus larges, ou sont conditionnelles à des développements sur la scène internationale;
- ≡ les mesures qui méritent d'être envisagées, mais visent le plus long terme et exigent de nouvelles analyses et informations;
- ≡ les mesures qui ne méritent pas l'attention.

La Table des puits ne recommande que des interventions des deux premières catégories pour ce qui est des puits forestiers, et fait remarquer que la Table du secteur forestier et elle-même n'ont pas pleinement développé des mesures comme telles, mais plutôt des « interventions », en ce sens qu'aucun programme, appui, etc. particulier n'a été proposé pour faciliter l'« intervention ».

**Recommandation 3.1 : qu'un programme de boisement consistant à planter 50 000 ha en utilisant des essences à croissance rapide soit mis en œuvre immédiatement en tant que mesure de catégorie 1.**

Les obstacles majeurs sont les coûts initiaux élevés et les taux de participation incertains. Bien que plus coûteuse que le boisement avec d'autres essences, l'utilisation d'essences à croissance rapide accroîtrait la quantité de carbone séquestré pendant la première période d'engagement. En général, il persiste beaucoup d'incertitude sur l'implication potentielle des propriétaires et autres dans le boisement, ainsi que sur le coût et l'impact du boisement, surtout pendant la première période d'engagement. Il est probable que l'industrie des produits forestiers sera très intéressée à participer à ce genre d'activité, et utilisera le bois soit pour l'énergie soit pour des produits tels que les panneaux à fibres orientées. Il faudrait une planification substantielle pour que le boisement soit effectué sur les sites appropriés, et que les incitatifs soient adéquats.

Diverses questions de comptabilisation du carbone restent à régler au cours des négociations, puisqu'il est probable que les essences à croissance rapide seront récoltées pendant la première période d'engagement, ou peu après. Dans le cadre de l'élaboration du programme, il faudrait examiner davantage les implications en ce qui concerne les unités de carbone selon les diverses issues possibles des négociations. Il faut aussi se rappeler que seuls les changements vérifiables des stocks de carbone donneront des unités de carbone; le programme de boisement devra donc absolument comporter un système de mesure et de surveillance.

**Recommandation 3.2 : qu'un programme de boisement consistant à planter 800 000 ha en plantations en blocs et brise-vent utilisant des essences traditionnelles soit mis en œuvre immédiatement en tant que mesure de catégorie 1.**

Les obstacles majeurs sont les coûts initiaux élevés et les taux de participation incertains. Bien que le principal impact soit à plus long terme, plus tôt les programmes seront élaborés et mis en œuvre, plus vite l'impact se fera sentir. Il faut se rappeler que, dans certains scénarios d'issue des négociations internationales, les brise-vent pourraient ne pas être inclus dans la définition du boisement.

**Recommandation 3.3 : que des politiques de réduction du déboisement soient incluses dans la stratégie du Canada pour l'après-2000 (catégorie 2) puisque les émissions du déboisement sur la période 2008-2012 doivent être ajoutées à l'objectif du Canada.**

Les obstacles majeurs sont le manque d'informations sur l'étendue et les causes du déboisement. Il reste beaucoup d'incertitude sur l'étendue, les causes et l'emplacement du déboisement. Il est cependant probable que des stratégies de réduction du déboisement dans certaines régions seront plus rentable à court terme que des politiques de boisement. Les politiques devront être ajustées avec prudence, en prenant en considération les impacts sur l'économie et autres, et il faudra effectuer beaucoup de travaux pour mieux quantifier et définir les taux actuels de déboisement.

**Recommandation 3.4 : que des politiques visant à encourager la modification des méthodes de reboisement pour accroître la séquestration du carbone dans les zones reboisées depuis 1990 soient examinées en vue de leur inclusion dans une stratégie pour l'après-2000 (catégorie 2).**

La négociation des définitions des activités RBD est la clé de voûte des stratégies de modification des méthodes d'aménagement pour accroître la séquestration du carbone dans les zones reboisées depuis 1990, mais elle ne surviendra pas avant la fin de 2000, au plus tôt. Vu l'éventail des issues possibles des négociations, et les incertitudes quant aux effets de ces méthodes modifiées sur la séquestration du carbone, on n'a pas pu fournir d'estimation des impacts. Il faudrait poursuivre les travaux en vue de mieux comprendre les effets en termes d'incidence sur les GES, ainsi que les coûts et exigences en matière de politiques, avant de permettre la mise en œuvre des méthodes modifiées (selon l'issue des négociations). Les méthodes visant à accroître la séquestration du carbone dans les zones en régénération après la récolte seraient applicables dans une approche de forêt aménagée.

**Recommandation 3.5 : que des politiques soient mises en place pour encourager les activités dans la forêt aménagée qui accroissent la séquestration du carbone.**

Les obstacles majeurs sont le manque de connaissance sur les effets de certaines activités pour ce qui est de la séquestration du carbone. Faute de savoir clairement comment la « forêt aménagée » pourrait s'inscrire dans le Protocole, dans sa Stratégie nationale de mise en œuvre, le Canada devrait se concentrer sur les mesures qui ont un impact positif net significatif à long terme sur les réservoirs forestiers du carbone, et vont dans le sens des pratiques de gestion durable des forêts et des autres objectifs sociaux et environnementaux.

Si la forêt aménagée est prise en compte dans le Protocole de Kyoto, les augmentations des stocks de carbone dans cette forêt fourniront des unités au cours de la première période d'engagement et des suivantes. Sinon, l'accroissement de la séquestration du carbone aura encore l'avantage de réduire les concentrations atmosphériques de CO<sub>2</sub>, même si le Canada n'en retire pas d'unités aux termes du Protocole. Nous sommes d'avis que les politiques visant à accroître la séquestration du carbone dans la forêt aménagée pourraient être relativement peu coûteuses.

**3.6.2 Recommandations concernant des travaux et études supplémentaires**

**Recommandation 3.6 : que l'on accorde une haute priorité à améliorer notre connaissance des causes, de l'emplacement et de l'étendue du déboisement, et des façons d'en réduire l'impact.**

Les analyses effectuées pour la Table constituent la meilleure évaluation faite à ce jour du déboisement au Canada, mais il persiste d'importantes lacunes dans les informations. Les politiques visant le déboisement de toute origine doivent être examinées, vu l'important impact négatif que pourrait avoir le déboisement sur les émissions de CO<sub>2</sub>.

**Recommandation 3.7 : que l'on accorde une très haute priorité à déterminer les implications pour le Canada de l'inclusion dans le Protocole de Kyoto de la forêt aménagée et du stockage du carbone dans les produits forestiers.**

Les négociations pourraient faire inclure dans le Protocole les activités menées sur la totalité de la forêt aménagée; il faut donc effectuer d'autres travaux pour déterminer les impacts d'actions visant à accroître la séquestration de CO<sub>2</sub> tant sur place dans les forêts aménagées que hors site, par stockage du carbone dans les produits du bois. Il est également important de déterminer le coût de ces actions, et les modifications des politiques qui seraient nécessaires pour les mettre en œuvre. Certains pensent que leurs avantages potentiels sont nettement supérieurs à ceux des activités de reboisement, boisement et déboisement survenues depuis 1990, qui sont actuellement les seules activités de nature forestière incluses dans le Protocole. On attache aussi une très haute priorité à déterminer les implications pour le Canada des diverses issues des négociations quant à l'inclusion de la forêt aménagée dans le Protocole. Si la forêt aménagée est couverte par le Protocole, le Canada devrait négocier une comptabilisation adéquate du carbone stocké dans les produits forestiers.

**Recommandation 3.8 : que l'on étudie les impacts de la foresterie urbaine sur la séquestration du carbone et l'économie d'énergie.**

La foresterie urbaine fait intervenir la plantation d'arbres dans un cadre urbain, soit par des particuliers sur leurs terrains, soit par les municipalités dans les parcs et le long des rues. Ces plantations séquestrent du carbone et peuvent réduire la demande en énergie pour la climatisation et le chauffage. Il n'est pas encore certain que ce genre de plantation pourrait être considéré comme du boisement aux termes du Protocole, et l'incertitude ne sera pas levée avant la fin de 2000, au plus tôt. Les plantations en milieu urbain pourraient cependant jouer un rôle important pour aider à impliquer la population canadienne dans les questions liées au changement climatique, au Protocole de Kyoto et à la Stratégie nationale de mise en œuvre.

**Recommandation 3.9 : que l'on améliore les connaissances sur la croissance et le rendement des arbres, et sur l'évolution temporelle de tous les bassins de carbone.**

Les analyses des activités de reboisement, boisement et déboisement sur la forêt aménagée ont toutes souffert des importantes lacunes des informations sur la croissance des arbres et sur les changements qui prennent place dans les bassins forestiers du carbone avec le temps et en réaction aux activités humaines. En particulier, il nous faut



améliorer l'information sur la croissance et le rendement des arbres, et sur les changements temporels du carbone des racines, des sols et de la litière pour des peuplements jeunes (p. ex. les 20 ou 30 premières années de croissance), les plantations à aménagement intensif, et les forêts de deuxième venue, y compris les différences entre les peuplements aménagés et non aménagés. Il faut disposer de ce genre d'information pour diverses essences et combinaisons d'essences, puisque les besoins en essences et en combinaisons diffèrent selon les régions du pays, et selon les fins visées.

**Recommandation 3.10 : que l'on détermine les impacts en matière de séquestration du carbone et les coûts des diverses activités d'aménagement forestier sur les bassins forestiers de carbone avec le temps.**

L'impact d'activités particulières d'aménagement forestier sur les bassins de carbone a fait l'objet de certaines analyses, mais il est évident qu'il faudra en faire d'autres pour raffiner ces estimations et déterminer dans quelle mesure les impacts et coûts peuvent être généralisés, ou sont propres au site ou à la région. De manière plus générale, il faut acquérir une meilleure compréhension de l'effet net de l'inclusion de la forêt aménagée dans le Protocole de Kyoto, et déterminer quels sont les moyens les plus rentables d'accroître la séquestration du carbone dans la forêt aménagée, tout en assurant une gestion durable des forêts et en prenant en compte d'autres objectifs environnementaux. Il nous faut aussi mieux comprendre l'impact des perturbations naturelles (feux, ravageurs) sur la forêt aménagée.

**Recommandation 3.11 : que l'on améliore les informations sur l'impact et les coûts d'actions visant à modifier le stockage du carbone dans les bassins de carbone des produits forestiers, et sur l'évolution temporelle de leurs liens avec le stockage de carbone sur place dans tous les bassins.**

À l'heure actuelle, les changements du bassin des produits forestiers ne sont pas inclus dans le Protocole de Kyoto, et il n'y a pas non plus d'entente internationale sur la façon dont ces changements devraient être pris en compte dans les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Nous devons avoir une meilleure compréhension de l'évolution temporelle de ces bassins (p. ex. vitesse de décomposition des produits selon le type de produit et le type d'utilisation), ainsi que de la façon de rendre le mieux compte des changements et d'accroître la taille du bassin de carbone des produits forestiers (comme le recours à des stratégies visant à augmenter la longévité et la durabilité des produits forestiers, et à remplacer davantage par des produits du bois les matériaux non renouvelables à haute intensité énergétique). Pour ce qui est d'accroître la taille du bassin, il faut aussi tenir compte des impacts énergétiques des réorientations ou des changements des opérations d'abattage, de fabrication et de transport.

**Recommandation 3.12 : que l'on détermine l'effet potentiel du changement climatique à venir sur les prédictions de séquestration du carbone par le biais d'activités proposées dans les recommandations 3.1 à 3.5.**

Les estimations de la séquestration reposent sur des courbes de croissance établies pour les conditions climatiques présentes. Si les augmentations d'émissions de GES se poursuivent et entraînent les changements climatiques prévus au cours de 50 prochaines années et plus, le potentiel de séquestration a pu être significativement surestimé pour les périodes d'engagement les plus éloignées. Il faut évaluer à cet égard le risque des politiques et investissements proposés dans les recommandations 3.1 à 3.5.

**Recommandation 3.13 : que les gouvernements énoncent clairement des politiques visant la propriété du carbone séquestré.**

Il reste à régler la question de la personne/l'entité à qui appartiendront les unités de carbone sur les terres publiques. Par exemple, si une entreprise a conclu une entente d'aménagement forestier avec la province, et investit ses propres fonds pour accroître la séquestration du carbone, elle doit être assurée d'obtenir les unités de C. Le flou qui entoure la propriété des unités de carbone découlant d'activités de séquestration (boisement et reboisement) et d'autres activités qui pourraient à terme être incluses dans le Protocole de Kyoto ou une autre entente constitue un obstacle à l'action. Il faudra donc effectuer d'autres travaux sur les questions de propriété.

**Recommandation 3.14 : que l'on améliore les connaissances sur la croissance et le rendement des arbres, et sur les changements survenant avec le temps dans tous les bassins de carbone.**



Le niveau d'incitatifs requis pour atteindre la cible de plantation comporte beaucoup d'incertitude, et devra être étudié plus avant à mesure de l'élaboration du programme; c'est le niveau d'incitatifs offert qui aura le plus d'incidence sur la superficie boisée totale. En particulier, on a utilisé dans l'analyse des actions une hypothèse relativement sur mesure pour indiquer l'échelle des coûts de renonciation associés au boisement.

#### 4. CATÉGORIE DES SOLS AGRICOLES : STRATÉGIES DE SÉQUESTRATION DU CO<sub>2</sub>

##### 4.1 Séquestration du carbone dans les sols

###### 4.1.1 Questions analytiques et incertitudes

La Table des puits a, au cours des sept derniers mois, entrepris des travaux sur les options de surveillance, elle a mesuré et vérifié les changements observés au niveau des puits de carbone du sol (Donald, 1999) et travaille actuellement en étroite collaboration avec la Table de l'agriculture pour échanger de l'information pertinente maintenant que cette dernière élabore son Rapport sur les options. La Table de l'agriculture fait maintenant l'évaluation de l'agroforesterie, de la gestion des sols, de la gestion des substances nutritives, des plantations brise-vent, des stratégies en matière de pâturage et d'alimentation, et des options de gestion du fourrage afin de réduire les émissions ou séquestrer le carbone. L'information pertinente sera incorporée en annexe a Rapport sur les options de la Table des puits lorsqu'elle sera disponible.

Le présent chapitre donne une description préliminaire et une discussion des stratégies d'amélioration qui pourraient être mises en œuvre afin de réaliser le potentiel des puits de carbone des sols agricoles canadiens décrit dans le Document de base de la Table des puits (Table nationale de concertation sur les puits, 1998). Les stratégies couvrent les terres labourables, la gestion des pâturages, la conversion des terres labourables marginales en graminées vivaces et, à un degré moindre, la conservation des zones riveraines de milieux humides, dont il est également mention au chapitre 6. La section 4.1.2 présente des estimations de la séquestration du carbone obtenues à l'aide du modèle CENTURY, plus récentes que celles présentées dans le Document de base. Toutes les autres estimations du potentiel de séquestration associé aux diverses stratégies sont basées sur un jugement expert, plutôt que sur la modélisation, et sont une élaboration et un raffinement des résultats présentés dans Bruce *et al.*, (1998). En particulier, les estimations raffinées du potentiel de puits des terres labourables ont été fondées sur les nouveaux taux de séquestration pour le travail réduit du sol ou la culture sans labour et les jachères réduites dans McConkey *et al.* (1999). Les principaux inconvénients de ces estimations sont cependant qu'elles constituent un potentiel de séquestration grossier — c'est-à-dire que d'autres GES doivent être inclus dans l'équation — et que les terres où les stratégies de gestion ne sont pas appliquées peuvent demeurer des sources de CO<sub>2</sub> (en raison du travail traditionnel du sol, d'autres pratiques, etc.).

Le présent chapitre porte sur les « stratégies » plutôt que sur les « options » relatives aux sols agricoles. Plusieurs contraintes ont limité la Table des puits à une évaluation préliminaire des stratégies relatives aux sols agricoles plutôt que d'élaborer et d'analyser à fond les options. Ces contraintes sont :

- ≡ L'aptitude à travailler dans un délai concordant avec celui de la Table de l'agriculture, dont l'analyse des options (y compris la séquestration par les sols) n'est pas encore terminée.
- ≡ La nécessité et la difficulté de rétrécir la portée des estimations du potentiel des puits agricoles. L'information provenant des travaux de recherche actuels au Canada n'est pas encore complète. Dans certains cas, de nouvelles recherches sont nécessaires avant de pouvoir rétrécir la fourchette des estimations. Les contraintes de temps ont également limité la disponibilité des experts et des contractants pour analyser à fond l'information existante et nouvelle.
- ≡ Les hypothèses divergentes utilisées pour élaborer les estimations du potentiel de puits. Les estimations présentées dans le Document de base de la Table des puits varient en raison des différentes hypothèses relatives aux taux d'adoption des méthodes de conservation des sols par les fermiers, et de la mise à l'échelle des estimations par type de terre agricole ou par activité ou pratique agricole. On ne s'est pas encore penché sur ces difficultés.
- ≡ La nécessité de clarifier les limites des interfaces entre les sols agricoles, les plantations brise-vent, les milieux humides et le reboisement.

Les impacts des pratiques de séquestration sur les émissions possibles d'autres gaz (CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O) n'ont pas été évalués par la Table, mais ils devraient faire partie d'une analyse complète. Les estimations actuelles des émissions

de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O par l'agriculture, telles que présentées dans l'inventaire canadien des GES, ne sont pas suffisamment détaillées pour permettre l'attribution et l'association des émissions à des pratiques agricoles spécifiques. De plus, les recherches et les connaissances ne sont pas assez avancées pour permettre de faire des estimations significatives des émissions de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O associées aux pratiques de conservation.

Les estimations du potentiel de puits n'ont été faites que pour les deux premières périodes d'engagement. Le plein potentiel des puits agricoles sera probablement atteint au cours des 20 à 25 prochaines années.

La plus grande incertitude à l'heure actuelle est sans doute liée au dénouement des négociations internationales sur les puits agricoles. Si ces puits ne sont pas inclus comme activité supplémentaire (Kyoto, paragraphe 3.4), la majeure partie du potentiel de puits mentionné dans le présent chapitre n'aidera pas le Canada à atteindre ses objectifs de réduction des émissions. Au mieux, nous ne bénéficierions que d'une réduction des sources de CO<sub>2</sub> des sols. Si les puits agricoles sont inclus, une autre incertitude se pose quant aux règles nécessaires pour mesurer, surveiller et vérifier les variations de la teneur en carbone dans les sols.

La mesure du carbone dans les sols agricoles s'est faite de façon routinière pendant bien des années, étant donné son importance comme principal indicateur de la qualité des sols. En ce qui a trait à la séquestration de CO<sub>2</sub>, la question clé est la certitude de la mesure d'une augmentation annuelle relativement faible du carbone qui pourrait être ajoutée grâce aux activités de séquestration. Un programme d'échantillonnage et d'analyse bien conçu peut permettre de surmonter la difficulté que représente la variabilité en fonction des champs et dans le temps, qui peut masquer les faibles changements de carbone dans le sol (Ellert & Janzen, 1996). Une condition préalable pour que le puits de carbone des sols soit accepté comme moyen de réduire ou de compenser les émissions nationales de gaz à effet de serre est de disposer d'un moyen économique de mesurer, de surveiller et de vérifier les changements de carbone dans les sols, qui soit accepté dans la communauté internationale. Le lecteur trouvera au chapitre 5 une discussion plus détaillée des options en matière de cadre de mesure et de surveillance.

#### 4.1.2 Résultats du modèle CENTURY

Les pratiques de gestion des sols peuvent entraîner une augmentation ou une diminution du carbone organique stocké dans le sol. Ce changement est le résultat d'une émission de dioxyde de carbone dans l'atmosphère ou indique une extraction (puits) de dioxyde de carbone de l'atmosphère. L'étude des sols agricoles canadiens suppose que, même si 15 à 30 % du carbone présent à l'origine dans la couche de sol superficiel ont été perdus depuis la mise en culture des sols, la majeure partie de cette perte a eu lieu au cours des deux premières décennies de la culture (Acton et Gregorich, 1995). Smith *et al.*, (1999, présenté) ont estimé à l'aide des prévisions du modèle CENTURY que les émissions moyennes annuelles nettes des terres labourables au Canada étaient passées de 10,1 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> en 1970 à 5,8 millions de tonnes en 1990. En 1996, les émissions nettes de CO<sub>2</sub> des sols agricoles au Canada étaient estimées à 1,6 Mt. La réduction des émissions nettes des sols est principalement attribuée à la pratique de plus en plus répandue du travail de conservation du sol. La culture sans labour était pratiquée sur plus de 16 % des terres labourables du Canada en 1996, comparativement à 7 % en 1991 (Statistique Canada, Catalogue No 93-35 et 93-356).

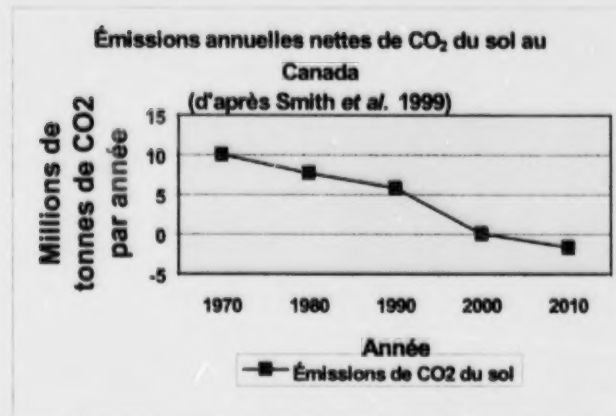


Figure 4.1 : Émissions annuelles nettes de CO<sub>2</sub> du sol au Canada  
(Source : Smith *et al.*, 1999, présenté)

Comme l'indique la figure 4.1, Smith *et al.* (1999, présenté) prévoient que les sols agricoles canadiens passeront d'une source nette de CO<sub>2</sub> à un puits net de 1,6 million de tonnes de CO<sub>2</sub> d'ici 2010 si les tendances actuelles dans les pratiques agricoles, comme l'adoption de la culture sans labour, se maintiennent. La teneur en carbone du sol ne continuera pas à augmenter indéfiniment. La teneur en carbone des sols à l'équilibre sera habituellement inférieure à la teneur avant culture, principalement à cause des pratiques de gestion des sols qui, même améliorées, perturberont toujours le sol par l'ensemencement, l'élimination du carbone lors de la récolte et la migration de carbone hors site.

Il y a un grand degré d'incertitude associé aux estimations fournies par le modèle CENTURY. Les comparaisons des résultats de CENTURY avec les mesures faites sur le terrain supposent que certains raffinements permettraient d'améliorer la fiabilité du modèle de prévision du changement des concentrations de carbone dans le sol en réponse aux pratiques de culture sans labour dans les Prairies (McConkey, 1998). Des travaux sont en cours afin de raffiner et d'améliorer la fiabilité du modèle.

#### 4.1.3 Stratégie d'amélioration – Pratiques de conservation sur les terres labourables

##### 4.1.3.1 Description

Les pratiques de conservation sur les terres labourables offrent une grande possibilité en matière de séquestration du carbone et, par conséquent, d'amélioration du puits de carbone du sol au-delà des prévisions du niveau de base. Les pratiques d'amélioration du carbone incluses sont : la réduction des jachères; la culture sans labour ou le travail réduit du sol; l'utilisation de légumineuses vivaces, de légumineuses à grains et/ou de fourrages en rotations; des substances nutritives culturales améliorées grâce à l'application d'engrais et d'amendements organiques; la restauration des terres labourables érodées par le vent ou l'eau, salinisées, etc.

Ce groupe de pratiques offre le meilleur potentiel agricole pour séquestrer le carbone dans le sol durant les première et deuxième périodes d'engagement. Environ 86 % des terres labourables disponibles pour réaliser ce potentiel se trouvent dans les trois provinces des Prairies. La possibilité mentionnée ci-dessous est basée sur les nouvelles estimations du potentiel de séquestration du carbone du sol des terres labourables à l'aide des taux de séquestration pour le travail réduit/nul et les jachères réduites de McConkey *et al.*, 1999 pour les trois provinces des Prairies (voir annexe C). Les taux de séquestration pour les provinces autres que les Prairies pour le travail ou labour réduit/nul est de 0,73 Mt CO<sub>2</sub>/ha/an (Bruce *et al.*, 1998). Les projections linéaires de l'adoption des taux basés sur les recensements de 1991 et de 1996 (Statistique Canada, 1997) sont également utilisées en supposant que les taux d'adoption existants sont maintenus au moins jusqu'en 2017 (fin de la deuxième période d'engagement). La Table juge que la continuation des tendances passées et actuelles est déjà ambitieuse, étant donné les divers obstacles mentionnés à la section 4.1.3.3.

Il n'y a pas suffisamment d'informations détaillées pour inclure les estimations faites pour les autres pratiques mentionnées ci-dessus pour ce groupe, même si la quantification des effets de leur utilisation permet une plus grande possibilité de séquestration. D'autres discussions de l'impact du carbone et des coûts sont présentées à la sous-section 4.1.3.2.

**La possibilité :**

- 18,3 Mt CO<sub>2</sub>/an – première période d'engagement
- 18,1 Mt CO<sub>2</sub>/an – deuxième période d'engagement

**Le défi :**

- Maintenir les taux d'adoption existants pour le travail ou labour réduit/nul (équivalent à une augmentation annuelle moyenne de 2 % [plage de 0,5 % - 2,8 %])
- Maintenir le taux de réduction existant de jachères conventionnelles

**Programmes existants**

Les stratégies d'adoption actuelles varient d'une province à l'autre. L'Alberta et la Saskatchewan ont des programmes axés sur les producteurs (Association de la Saskatchewan pour la conservation des sols et ACTS) appuyés par l'industrie, Canards Illimités Canada et les gouvernements fédéral et provinciaux. Le Manitoba compte un plus grand nombre de groupes de petits producteurs appuyés par le gouvernement fédéral et Canards Illimités (Poole, 1999). Il est clair que la plupart des producteurs appartenant aux groupes « innovateurs » et « premiers adopteurs » ont adopté les pratiques de conservation, et qu'un grand nombre des producteurs de la « majorité précoce » (par opposition à la majorité tardive) songent maintenant à changer (McKell, 1999).

En C.-B., certains groupes de producteurs sont au courant des pratiques de conservation et ont probablement reçu un appui financier de la province; cependant, les priorités en matière de sensibilisation portent actuellement sur d'autres questions (Bertrand, 1999). L'Ontario compte plusieurs groupes de producteurs (clubs de travail des sols, associations d'amélioration des sols et des récoltes) qui font la promotion des pratiques de conservation de concert avec le gouvernement provincial (Grant, 1999). L'appui du gouvernement de l'Ontario inclut le financement de la planification environnementale à long terme pour les exploitations agricoles. Les producteurs de l'Ontario ont atteint des taux d'adoption semblables à ceux des Prairies. Au Québec, avec le leadership du ministère provincial, 64 clubs de producteurs agro-environnementaux ont été formés au cours des deux dernières années pour permettre aux « innovateurs » et aux « premiers adopteurs » de faire la promotion des meilleures pratiques de gestion pour l'épandage de fumier et d'engrais, des pratiques de conservation des sols et des pratiques agricoles, des programmes axés sur les cours d'eau et la réduction de l'utilisation de pesticides. Le gouvernement provincial finance la moitié de ce programme et a fourni le cadre initial et les programmes de formation des instructeurs (Lapointe, 1999).

Les provinces des Maritimes ont plusieurs programmes de sensibilisation axés sur les producteurs locaux, appuyés par leurs gouvernements provinciaux (Daigle, 1999). Elles ont centré leurs efforts sur les pratiques de conservation pour des cultures spécifiques et les conditions uniques des terres des Maritimes. Le Centre de conservation des sols et de l'eau de l'Est du Canada, au Nouveau-Brunswick, a été créé avec des « subventions de démarrage » du gouvernement fédéral et donne de l'information sur les pratiques de conservation aux producteurs des provinces des Maritimes.

**Stratégies futures**

Une stratégie visant à réaliser le potentiel de séquestration du carbone déjà mentionné nécessiterait un engagement à l'échelle nationale vis-à-vis d'un programme de sensibilisation à long terme coordonné et dirigé, basé sur les programmes existants. Cette stratégie devra se concentrer sur la diffusion de l'information aux producteurs afin de les encourager à adopter une ou plusieurs pratiques de conservation répondant à leurs besoins en matière de pratiques



agricoles (communication face à face, démonstrations sur le terrain, utilisation des fermes modèles de conservation, ateliers et communiqués aux médias). Le programme devra également offrir un appui technique aux producteurs qui ont adopté une pratique pour qu'ils continuent à l'appliquer. D'autres recherches seront également nécessaires sur des moyens d'améliorer la fiabilité de la technologie de culture sans labour.

Le programme permettra l'adoption stable et à long terme des pratiques de conservation s'il suit le modèle des programmes provinciaux ou régionaux axés sur les alliances, comme SSCA et ACTS. De préférence, l'alliance comprendrait : les groupes de producteurs pratiquant la conservation; les gouvernements fédéral et provinciaux; les chercheurs du domaine qui ont la confiance des producteurs; des membres de l'industrie; d'autres groupes de conservation non gouvernementaux concernés.

Il sera important d'établir des alliances avec les groupes existants de producteurs pratiquant la conservation et de voir à ce qu'ils soient les chefs de file en ce qui a trait à la diffusion de l'information et à l'appui fourni à leurs pairs (qui essaient de prendre une décision quant à l'adoption des pratiques de conservation). Il faudra probablement établir des alliances séparées dans les Prairies, en Ontario, au Québec, dans les Maritimes et en C.-B., étant donné des différences dans les besoins en information et les pratiques agricoles. Comme le montre l'efficacité actuelle de ACTS et SSCA, il serait sage d'établir des alliances autour de ces organisations, à l'échelle provinciale ou régionale, dans les provinces des Prairies. Parallèlement, l'élément principal des futures alliances en Ontario serait les groupes de conservation existants, tandis que, dans les Maritimes, les alliances seraient établies avec les groupes de conservation existants et le Centre de conservation des sols et de l'eau de l'Est du Canada.

D'autres mesures qui pourraient accompagner les programmes d'alliances pourraient comprendre l'amélioration des connaissances scientifiques sur les avantages financiers de l'adoption de pratiques de conservation, des allègements fiscaux pour le nouvel équipement de conservation ou des incitatifs en espèces. La nécessité d'incitatifs en espèces et d'allègements fiscaux serait moindre si le prix des produits de base et les conditions économiques agricoles au Canada étaient améliorés.

#### **4.1.3.2 Impact possible sur les gaz à effet de serre et les coûts**

##### *Gaz à effet de serre*

Le potentiel brut de séquestration du carbone obtenu grâce à la réduction des jachères et au travail réduit ou nul du sol est de 18,3 et 18,1 millions des tonnes de CO<sub>2</sub> par année en moyenne respectivement pour la première et la deuxième périodes d'engagement, ce qui équivaut à 0,92 million de tonnes de CO<sub>2</sub> « nouvelles » et supplémentaires par année. La contribution du travail réduit/nul du sol équivaut à 15,9 Mt sur un total de 18,3 Mt CO<sub>2</sub> et la réduction des jachères, à 2,4 Mt CO<sub>2</sub>. On doute cependant que ces deux impacts puissent s'ajouter étant donné qu'une affectation des terres influe sur l'autre. Il faudrait traiter les deux pratiques comme un tout.

Les taux d'adoption du travail réduit/nul du sol de 1991 à 1996 va de 2 à 2,8 % des terres labourables par année en Saskatchewan, en Alberta et en Ontario. La C.-B. et l'Î.-P.-É. ont atteint des taux d'adoption intermédiaires de 0,7 à 1,3 %, tandis que les autres provinces avaient un taux inférieur à 0,5 %. La jachère est principalement pratiquée dans les Prairies (et, dans une moindre mesure, en Ontario). En Alberta et en Saskatchewan, il y a eu une réduction de 4,7 à 5,8 % par année des terres en jachères conventionnelles (travail mécanique) de 1991 à 1996. Le Manitoba était la seule province à montrer une faible augmentation (1,6 %) des terres mises en jachère au cours de cette période (Statistique Canada, 1997). Idéalement, il faudrait une analyse à long terme pour suivre la dynamique du carbone dans le sol, mais on peut prévoir que la séquestration sera en baisse, pour atteindre zéro lorsque l'équilibre sera atteint. Le nombre de tonnes qui seront, selon nos prévisions, séquestrées durant la deuxième période est déjà inférieur à celui de la première période.

Au moment de la rédaction du présent rapport, la Table de l'agriculture fait des passes du modèle CEEMA/CRAM comprenant des scénarios de travail réduit/nul du sol et des scénarios de réduction des jachères. Les résultats préliminaires de la modélisation travail réduit/nul du sol indiquent que le potentiel de séquestration annuel de 18 Mt CO<sub>2</sub> d'ici 2010 sur les terres labourables pourrait être une surestimation. Cependant, il y a de grandes différences dans les méthodes utilisées. Les 18 Mt ont été estimés en supposant que les terres labourables qui ne font pas l'objet de pratiques de conservation ne sont pas une source de CO<sub>2</sub>, alors que certaines d'entre elles émettent effectivement du CO<sub>2</sub>. Les autres différences entre les méthodes comprennent les taux d'adoption, et la façon

d'appliquer le coefficient de jachère et de déterminer les fréquences d'assolement. Une annexe au Rapport sur les options de la Table des puits sera produite à l'automne et contiendra les résultats de la modélisation de ces scénarios de séquestration.

Comme nous l'avons mentionné dans l'introduction, aucune estimation de la réduction ou de l'augmentation des concentrations de méthane ou d'oxyde nitreux associées aux pratiques de travail réduit/nul du sol et de réduction des jachères ne pourrait être faite par la Table dans l'état actuel des choses. Ces pratiques ont été identifiées comme des techniques visant à réduire les émissions d'oxydes d'azote dans la région de la rivière de la Paix, dans les Prairies et en C.-B. (Thomsen Corporation, 1999). Une utilisation plus efficace des engrais azotés, et une planification de l'épandage visant à minimiser la concentration des nitrates dans le sol au cours de l'hiver et durant le dégel printanier, ont également été soulignées et sont actuellement évaluées par la Table de l'agriculture. Toutefois, on ne connaît pas encore l'impact des pratiques de conservation sur ces gaz. Certaines études supposent une augmentation des émissions de  $N_2O$  avec le travail réduit du sol (pour permettre le même rendement qu'avec les techniques conventionnelles de travail du sol), d'autres par contre supposent une diminution des émissions de  $N_2O$  (Janzen, 1999).

### Coûts

Une première approximation des coûts en Alberta de 1993 à 1999 varie de 2,66 \$ à 6,33 \$ la tonne de  $CO_2$ , avec une moyenne de 4,26 \$ la tonne (Goddard, 1999). Ces coûts comprennent les fonds provinciaux et fédéraux nécessaires pour appuyer les programmes des groupes de conservation et la recherche appliquée sur les systèmes d'agriculture durable. Les estimations pour la Saskatchewan et le Manitoba supposent que les programmes de sensibilisation responsables de l'augmentation du taux d'adoption de 4 % à 5 % par année variaient de 0,60 à 2,00 \$/tonne de  $CO_2$  (Poole, 1999) (McKell, 1999). Ces coûts ont été calculés en divisant les coûts directs des programmes par le nombre estimatif d'hectares affectés cité par Poole et McKell, et ils constituent une information inédite. Ces coûts n'incluent pas les coûts de l'appui provincial ou fédéral à la recherche appliquée. Les coûts des programmes de l'Ontario, du Québec et des Maritimes sont inconnus.

Le coût global de la future stratégie décrite ci-dessus pourrait être basé sur l'expérience passée dans les Prairies, reconnaissant qu'il pourrait y avoir une augmentation des coûts pour la coordination d'ensemble à l'échelle nationale et pour l'appui dans chaque alliance pour les adopteurs existants, mais également des économies d'échelle. D'après le coût moyen le plus élevé de 4,26 \$ la tonne de  $CO_2$  actuel dans les Prairies et le potentiel de 0,92 million de nouvelles tonnes de  $CO_2$  par année (voir le premier paragraphe ci-dessus), une approximation grossière du coût annuel de la stratégie est de l'ordre de 4 millions de dollars par année.

Les fonds pourraient être alloués proportionnellement à la superficie disponible pour l'adoption des pratiques de conservation et les tonnes de  $CO_2$  qui pourraient être séquestrées. Par exemple, la Saskatchewan a environ 45 % des terres labourables du Canada; le coût d'un programme de sensibilisation parrainé par l'alliance pourrait être de l'ordre de 1,8 million de dollars par année, de 2000 à 2017. Une autre façon d'allouer le financement pourrait aussi être en fonction du nombre de tonnes de  $CO_2$  séquestrées dans le sol.

Le coût de cette stratégie pourrait être récupéré en partie ou en totalité dans le futur si on crée un marché des compensations du carbone au Canada. Les coûts pourraient aussi être inférieurs si on déploie des efforts de recherche adéquats et si on montre clairement les avantages économiques aux producteurs qui adoptent les pratiques de conservation. On en voit un exemple en Ontario, où un grand pourcentage des producteurs de soja et de blé d'hiver ont adopté la culture sans labour pour économiser de l'argent sans aucune réduction apparente de leur rendement. D'autre part, les producteurs de maïs n'ont pas encore adopté la culture sans labour de façon massive étant donné que le risque de diminution du rendement est plus élevé dans leur cas (Daynard, 1999).

#### 4.1.3.3 Obstacles à la mise en œuvre

Presque tous les programmes existants reçoivent un financement à court terme (1 à 3 ans), sans assurance d'engagement ou d'appui financier permanent. Les préoccupations concernant l'avenir d'un programme à court terme empêchent la maximisation des taux d'adoption.

- a) Un obstacle à la mise en œuvre de la stratégie ci-dessus est l'absence d'engagement fédéral envers la stratégie et le soutien financier.
- b) L'aptitude des producteurs à gérer le risque est un autre obstacle important. Les pratiques de conservation nécessitent souvent un degré de gestion et des coûts des intrants plus élevés, dans l'espoir d'augmenter le rendement. Comme nous l'avons déjà mentionné, la plupart des « innovateurs » et des « adopteurs précoces » ont déjà adopté les pratiques de conservation dans de nombreuses provinces — ils peuvent et veulent prendre des risques et assurer le niveau de gestion nécessaire. Il faudra autant sinon plus d'efforts pour convaincre les producteurs qui font partie des catégories « majorité précoce » et « majorité tardive » d'adopter ces pratiques (Bennett, 1999b). En général, les mauvaises conditions économiques ralentissent les taux d'adoption, étant donné que les producteurs sont moins en mesure d'assumer les risques et les coûts d'intrant associés à l'adoption d'une nouvelle méthode.
- c) Il a été avancé que les taux d'adoption sont plus faibles chez les agriculteurs plus âgés. Étant donné que les mauvaises conditions économiques touchent plus les jeunes agriculteurs, nous pourrions observer une stabilisation, voire une légère diminution, de l'adoption des pratiques de conservation au cours des cinq prochaines années. Lorsque les conditions économiques se seront améliorées, et que les jeunes producteurs pourront prendre la relève de leurs prédécesseurs, les taux d'adoption recommenceront à augmenter (Bennett, 1999a ; et Hass, 1999). Pour tenir compte de cette situation, la possibilité de séquestration a été estimée à l'aide de la valeur basse du taux d'adoption de 1991-1996 plutôt que du taux de 4 à 5 % récemment observé en Saskatchewan et au Manitoba.
- d) Les incertitudes sur le fait que la séquestration du carbone dans le sol sera ou non reconnue à l'échelle internationale comme une contribution valide aux objectifs nationaux de réduction, ainsi que l'incertitude concernant la propriété du carbone séquestré, constituent également des obstacles pour certains producteurs et investisseurs.
- e) Il y a également les obstacles d'ordre politique, comme les politiques provinciales d'assurance récolte, qui favorisent la culture conventionnelle par rapport au travail réduit du sol.
- f) L'absence de reconnaissance des efforts des « innovateurs » et des « adopteurs précoces » qui ont fait que les pratiques de conservation donnent des résultats positifs et qui ont convaincu les autres de les adopter bien avant la première période d'engagement est un facteur de dissuasion. Certains intervenants sont d'avis que, si on leur attribuait une part du mérite pour les actions et le leadership comme « adopteurs précoces », cela les encouragerait à aider leurs voisins à décider d'adopter le travail réduit/nul du sol ou la réduction des jachères.
- g) Il y a un manque de recherches en cours pour appuyer les méthodes de conservation, réduire les risques de diminution du rendement associés à la culture sans labour, et mesurer et vérifier la séquestration du carbone dans le sol. Il faut absolument une stratégie de recherche qui complète la stratégie d'adoption des pratiques de conservation. Il faut également établir un lien étroit entre ces deux stratégies pour assurer le succès de chacune.
- h) L'absence de données de référence sur les concentrations de carbone dans le sol peut empêcher les agriculteurs d'adopter les nouvelles pratiques parce qu'ils pourraient se craindre incapables de faire la preuve de l'absorption de carbone par leurs sols et pourraient ainsi perdre des avenues de développement économique.

#### **4.1.4 Stratégie d'amélioration – Gestion des pâturages**

##### **4.1.4.1 Description**

Ce groupe de pratiques inclut la fertilisation des pâturages et la gestion des pâturages intensifs. Les pâturages intensifs couvrent actuellement 4,3 millions de d'hectares au Canada en prairies artificielles ou en pâturages ensemencés (Statistique Canada, 1997). On ne croit pas pour l'instant que les parcours gérés de façon intensive en pâturages permanents offrent un grand potentiel de séquestration additionnelle du carbone mais, si les nouvelles méthodes de gestion des parcours révèlent certaines possibilités, elles pourraient être incluses dans cette catégorie à l'avenir.

**La possibilité :**

- 0,7 Mt CO<sub>2</sub>/an – première période d'engagement (0,95 Mha)
- 1,0 Mt CO<sub>2</sub>/an – deuxième période d'engagement (1,38 Mha)

**Le défi :**

- Taux d'adoption annuel de 2 % de la superficie totale (4,3 Mha), en commençant à zéro en 2000, soit 86 000 hectares ou 63 000 tonnes de CO<sub>2</sub> de plus par an.
- Taux de séquestration : 0,73 t CO<sub>2</sub>/ha/an (Bruce *et al.*, 1998)

**Programmes existants**

Les programmes actuels se ressemblent beaucoup d'une province à l'autre. La plupart de ceux qui visent à encourager l'adoption de méthodes améliorées de gestion des pâturages sont parrainés par les gouvernements provinciaux, en alliance avec les clubs de pâturage locaux et les associations provinciales de producteurs (Doris, 1999; Strankman, 1999; Adams, 1999; Mitchell, 1999). Les partenariats de financement comprennent souvent les gouvernements fédéral et provinciaux, les groupes de producteurs et d'autres parties comme Truite atout du Canada et Canards Illimités Canada. En Ontario, les stratégies d'adoption actuelles comprennent un certain financement des É.-U. aux termes de l'accord conjoint sur les Grands Lacs.

Les données sur les taux d'adoption des techniques de gestion intensive des pâturages sont rares et souvent exprimées en nombre de producteurs qui ont été influencés par un programme de sensibilisation. En Ontario, on estime que 25 % des producteurs gèrent leurs pâturages de façon intensive, par rapport à 10-15 % en 1990 (Doris, 1999).

En Alberta, 650 producteurs ont suivi le cours de gestion « Stockman's Range » entre 1991 et 1997. Plus de la moitié d'entre eux ont dit avoir changé leur gestion des parcours et amélioré la capacité porteuse. Entre 32 et 42 % ont signalé qu'ils ont stabilisé les stocks de fourrage, restauré l'état des parcours ou amélioré l'habitat faunique. Vingt-six pour cent ont dit avoir amélioré la rentabilité de leur exploitation (Adams, 1999).

**Stratégies futures**

Une stratégie visant à réaliser le potentiel de séquestration du carbone déjà mentionné nécessiterait un engagement à l'échelle nationale vis-à-vis d'un programme de sensibilisation à long terme coordonné et dirigé, basé sur les programmes existants. Cette stratégie devra se concentrer sur la diffusion de l'information aux producteurs afin de les encourager à adopter une ou plusieurs pratiques de conservation répondant à leurs besoins en matière de pratiques agricoles (communication face à face, démonstrations sur le terrain, utilisation des fermes modèles de conservation, ateliers et communiqués aux médias). Le programme devra également offrir un appui technique aux producteurs qui ont adopté une pratique pour qu'ils continuent de l'appliquer.

Le programme permettra l'adoption stable et à long terme des pratiques de conservation s'il suit le modèle des programmes existants susmentionnés parrainés par les alliances. De préférence, les alliances comprendraient les groupes de producteurs pratiquant la conservation, les gouvernements fédéral et provinciaux, les chercheurs du domaine qui ont la confiance des producteurs, des membres de l'industrie et d'autres groupes de conservation non gouvernementaux concernés.

Il sera important d'établir des alliances avec les groupes existants de producteurs pratiquant la conservation et de voir à ce qu'ils soient les chefs de file en ce qui a trait à la diffusion de l'information et à l'appui fourni à leurs pairs qui essaient de prendre une décision quant à l'adoption des pratiques de conservation. Il faudra probablement établir des alliances séparées dans les Prairies, en Ontario, au Québec, dans les Maritimes et en C.-B., étant donné les différences dans les besoins en information et les pratiques de gestion des pâturages.



#### **4.1.4.2 Impact sur les gaz à effet de serre et les coûts**

Le potentiel net de séquestration du carbone de la gestion des pâturages est en moyenne de 0,7 et 1,0 million de tonnes de CO<sub>2</sub> par année respectivement pour la première et deuxième périodes d'engagement. Aucune estimation de la réduction ou de l'augmentation des émissions de méthane ou d'oxydes d'azote n'a été incluse dans les estimations mentionnées plus haut. La fertilisation des pâturages pourrait contribuer aux émissions d'oxydes d'azote à moins que le moment des épandages soit choisi de manière à éviter les excès de nitrates dans le sol durant l'hiver et les périodes de fonte printanière. Il faudrait évaluer les impacts d'un changement dans la gestion et de la fertilisation des pâturages sur les émissions d'oxydes d'azote et de méthane par le bétail.

Les seules informations sur les coûts du programme disponibles au moment de la rédaction portent sur le très efficace programme « Vaches et poissons » en Alberta. Ce programme est conçu pour promouvoir l'amélioration de la gestion des pâturages sur les bords des cours d'eau qui les traversent. Sa stratégie comprenait des démonstrations novatrices sur le terrain, des approches face-à-face et multimédias pour offrir un programme de sensibilisation et d'éducation à plus de 7 000 producteurs. Le coût annuel en 1997 et 1998 était de l'ordre de 200 000 \$ (Adams, 1999).

Le coût global de cette stratégie est difficile à estimer, étant donné l'absence d'information sur les coûts des programmes existants. Pour l'application d'un programme du type « Vaches et poissons » dans chacune des provinces de l'Ouest, en Ontario, au Québec, en C.-B. et dans les Maritimes, les coûts nécessaires afin d'établir pleinement le programme dans toutes les régions seraient de l'ordre de 1,4 million de dollars annuellement. Étant donné les objectifs de 86 000 tonnes de CO<sub>2</sub> pour le taux d'adoption annuel, la stratégie pourrait coûter de 20 à 22 \$ par tonne de CO<sub>2</sub>.

Comme pour la stratégie des terres labourables, l'allocation des fonds pourrait être proportionnelle à la superficie de terres disponibles pour l'adoption des pratiques de conservation et aux tonnes de CO<sub>2</sub> qui pourraient être séquestrées. Le coût de cette stratégie pourrait être récupéré en partie ou en totalité à l'avenir si on crée un marché des compensations du carbone au Canada.

#### **4.1.4.3 Obstacles à la mise en œuvre**

La plupart des obstacles cités en 4.1.3.3 s'appliquent également à la stratégie de gestion des pâturages. Presque tous les programmes existants reçoivent un financement à court terme (1 à 3 ans), sans aucune assurance d'engagement permanent ou d'appui financier (Doris, 1999), (Strankman, 1999) et (Adams, 1999). On peut réitérer le problème l'absence de données de recherche sur les avantages économiques de la gestion intensive des pâturages. Les producteurs sont plus portés à adopter une nouvelle méthode lorsqu'il y a un avantage économique et que la période de récupération est d'une ou deux années. Il n'y a pas non plus de recherche en cours à l'appui de la gestion des pâturages et les méthodes de conservation des pâturages et fournissant une façon de mesurer et de vérifier la séquestration du carbone dans le sol. Si l'information scientifique pouvait démontrer les avantages économiques et la séquestration du carbone de la gestion des pâturages sur les parcours soumis à une gestion intensive, cela augmenterait le potentiel de séquestration du carbone dans le sol des parcours. Le coût unitaire par tonne de CO<sub>2</sub> baisserait en conséquence.

### **4.1.5 Stratégie de mise en œuvre – Conversion des terres labourables marginales en prairies de graminées vivaces**

#### **4.1.5.1 Description**

Ce groupe comprend des méthodes de conversion des terres labourables marginales en prairies de graminées vivaces. Il porte sur les terres récemment converties dans le cadre du Programme fédéral d'établissement d'une couverture végétale permanente (prairies « existantes »), et sur une superficie semblable de terres que l'on prévoit convertir en graminées dans le futur (prairies « nouvelles »).

Ce groupe de pratiques offre la possibilité de séquestrer jusqu'à 2,2 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> par année durant la première et la deuxième périodes d'engagement.



**La possibilité :**

- 2,2 Mt CO<sub>2</sub>/an – première période d'engagement (1,1 Mt des prairies « existantes » et 1,1 Mt des prairies « nouvelles »)
- 2,2 Mt CO<sub>2</sub>/an – deuxième période d'engagement (idem)

**Le défi :**

- Taux d'adoption de 50 000 ha/an pendant 10 ans sur une base d'environ 500 000 ha de terres labourables marginales déjà converties en prairies de graminées (Bruce *et al.*, 1998), soit 128 000 tonnes de CO<sub>2</sub> de plus par an.

Il n'y a aucun programme d'adoption en cours au Canada. Une initiative de financement ciblée, le Programme d'établissement d'une couverture végétale permanente (PCP), parrainée par l'ARAP du gouvernement fédéral a encouragé, de 1989 à 1993, les agriculteurs des Prairies à convertir leurs terres labourables marginales. Environ 448 000 ha ont été touchés par ces programmes (Ward, 1999). La stratégie la plus efficace pourrait bien être un programme semblable au Programme d'établissement d'une couverture végétale permanente déjà offert par l'ARAP, mais qui viserait seulement les terres marginales. D'autres analyses sont nécessaires sur la rentabilité du PCP, indépendamment des impacts de tout autre programme. Ailleurs au Canada, on croit que les très bas prix des denrées pourraient être suffisants pour pousser les fermiers à convertir leurs terres marginales en couvert permanent. Il peut y avoir compétition avec les éventuels programmes de boisement, qui ciblent aussi les terres marginales les moins profitables.

#### 4.1.5.2 Impact sur les gaz à effet de serre et les coûts

Le taux de séquestration dans les nouvelles prairies est établi à 2,94 Mt CO<sub>2</sub>/ha/an sur une période de cinq ans (Bruce *et al.*, 1998), après quoi il baisse de 25 %, à 2,2 Mt CO<sub>2</sub>/ha/an. L'accélération de la conversion des terres appliquée dans les calculs est jugée très optimiste, à 50 000 nouveaux hectares convertis à une gestion intensive par année, pour poursuivre les tendances passées du PCP, et elle équivaut à doubler la superficie couverte par les programmes originaux.

Pour les programmes passés (1989 à 1993) dans toutes les provinces de l'Ouest, on estime que près de 20 millions de tonnes de carbone auront été séquestrées dans le sol d'ici 2017, à un coût global d'environ 67 millions de dollars, ou 3,35 \$ la tonne de CO<sub>2</sub> (Ward, 1999). Ces programmes ont fourni aux agriculteurs des incitatifs financiers annuels pour convertir leurs terres marginales à la culture des graminées et des légumineuses. Si un programme aussi important est mis en place de 2000 à 2010, avec des incitatifs semblables afin de maintenir la terre sous un couvert permanent jusqu'en 2017 au moins, on pourrait séquestrer 1,1 million de tonnes de CO<sub>2</sub> de plus par année durant la première et la deuxième périodes d'engagement, ce qui équivaut à la quantité totale de carbone séquestré dans le cadre des programmes actuels.

Une évaluation approfondie du programme de conversion devrait inclure une analyse des impacts possibles sur les autres GES (CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O), qui n'a pas pu être faite pour le présent rapport pour les raisons données au début de la section 4.1.

#### 4.1.5.3 Obstacle à la mise en œuvre

Les agriculteurs qui ont participé au Programme d'établissement d'une couverture végétale permanente se sont engagés à couvrir leurs terres marginales en permanence pendant 10 ou 21 ans. Certaines de ces terres (engagées pour 10 ans) peuvent maintenant être reconverties en terres labourables.

Les politiques actuelles en matière d'assurance et de taxation peuvent pousser les producteurs à cultiver le plus de terres possibles. Cela pourrait également entraîner la conversion des prairies de graminées en terres labourables et la perte du carbone séquestré, à moins d'inclure les clauses de protection appropriées dans les futurs contrats et de

modifier les politiques actuelles de façon à fournir des incitatifs aux producteurs pour qu'ils participent à un Programme d'établissement d'une couverture végétale permanente (CCCP, 1999).

Les importants investissements en équipements aratoires, le niveau élevé d'endettement et la crainte de risques pourraient décourager de nombreux agriculteurs de convertir leurs terres marginales en couverture végétale permanente.

#### **4.1.6 Stratégie d'amélioration – Restauration des milieux humides**

##### **4.1.6.1 Description**

D'après les discussions tenues lors d'un récent atelier d'experts (Winnipeg, avril 1999) sur la séquestration du carbone et les milieux humides, il est évident que même s'il peut y avoir diverses possibilités d'améliorer les milieux humides et de séquestrer le carbone, on dispose de peu de données pour les vérifier et les quantifier.

Une méthode qui a un certain potentiel consiste à restaurer les zones riveraines des cuvettes des Prairies qui ont été cultivées. Cette option est semblable à la conversion des terres marginales en végétation permanente, permettrait de séquestrer au moins autant que les méthodes décrites à la section 4.1.5. Canards Illimités estime (Doug Chekay, 1999) qu'on pourrait ainsi restaurer jusqu'à un million d'hectares de zone riveraine dans les Prairies (extrait de Bonneau et Townley-Smith, 1999).

##### **La possibilité :**

- 2,9 millions de tonnes de CO<sub>2</sub>/an – première période d'engagement (1 million d'ha)
- 2,9 millions de tonnes de CO<sub>2</sub>/an – deuxième période d'engagement (1 million d'ha)

##### **Le défi :**

- Taux d'adoption de 100 000 ha/an pour 10 ans, soit 290 000 tonnes de CO<sub>2</sub> de plus par an.

Canards Illimités appuie actuellement dans les Prairies des programmes de sensibilisation visant à restaurer les milieux humides, seuls et en partenariat avec les gouvernements fédéral et provinciaux et les groupes de producteurs.

Une alliance modelée sur le programme « Vaches et poissons » (voir 4.1.5) et ciblée sur les zones riveraines des cuvettes autrefois cultivées des Prairies, pourrait être très efficace pour encourager les producteurs à restaurer ces milieux humides. La stratégie pourrait devoir être complétée par une initiative de financement ciblée, afin d'offrir aux producteurs l'incitatif économique nécessaire pour qu'ils l'adoptent.

La restauration des bassins de milieux humides est traitée au chapitre 6. Aucune estimation quantitative de la séquestration de carbone n'est possible pour le moment.

#### 4.1.6.2 Impact sur les gaz à effet de serre

Sur la base d'un plan décennal dynamique, 100 000 ha de terres riveraines pouvaient être restaurés chaque année dans les Prairies. On pourrait séquestrer jusqu'à 2,9 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> par an au cours des première et deuxième périodes d'engagement. Les émissions de méthane et de N<sub>2</sub>O ne sont pas incluses dans ce calcul. Le taux de séquestration utilisé, extrait de Bruce *et al.*, (1998), soit de 2,9 t CO<sub>2</sub>/ha/an, est semblable à celui utilisé pour la conversion des terres marginales en un couvert permanent. Cette estimation n'est qu'une approximation grossière et devrait être étudiée davantage de concert avec la reconstitution du couvert végétal sur les terres marginales, étant donné qu'elles font partie du même paysage — une réalité dont il faut se souvenir. À ce sujet, il ne faut pas ignorer la possibilité d'avoir des doubles comptes entre ces deux estimations, mais cela est impossible à confirmer à ce niveau d'approximation.

Il faut également tenir compte des émissions connexes de N<sub>2</sub>O et de CH<sub>4</sub> et, jusque-là, l'effet réel net restera inconnu. En ce qui a trait aux coûts, bien qu'il n'y ait aucune information particulière à ce sujet, on peut supposer qu'ils seraient semblables à ceux des options de restauration de la couverture végétale sur les terres marginales.

#### 4.1.6.3 Obstacles à la mise en œuvre

Les obstacles à la restauration des zones riveraines ressemblent beaucoup à ceux identifiés pour les autres pratiques, notamment l'absence d'incitatifs économiques, l'inconvénient de la gestion de grands champs, l'absence de données scientifiques sur les avantages pour les producteurs et l'absence de politique fédérale appuyant les incitatifs financiers.

#### 4.1.7 Autres considérations

##### 4.1.7.1 Exigences en matière de politique

Il faudra une politique des gouvernements fédéral et provinciaux qui appuie les stratégies ci-dessus pour la période de 2000 à 2017, en supposant que nous visions un horizon finissant à la fin de la deuxième période d'engagement. L'appui politique comprendrait la fourniture des ressources de financement nécessaires, ainsi que le leadership par le biais de la coordination entre les programmes régionaux et les communications régulières des résultats à l'échelle régionale et nationale. De plus, il faudrait revoir immédiatement les politiques canadiennes actuelles en matière d'agriculture pour s'assurer qu'elles sont compatibles avec la stratégie d'adoption et ne constituent pas un obstacle :

- ≡ politiques neutres en matière d'assurance récolte et de taxation ;
- ≡ compatibilité avec l'ALENA et le GATT ;
- ≡ incitatifs financiers, comme dans le cas d'un programme d'établissement d'une couverture végétale permanente.

##### 4.1.7.2 Implications socio-économiques et sur la compétitivité

Les principaux avantages à long terme pour les producteurs sont un meilleur revenu (et une possibilité de coûts inférieurs pour les intrants grâce à une plus faible consommation de combustible) et une utilisation plus efficace des engrais. La chose est moins certaine pour l'est du Canada, et d'autres recherches sont nécessaires afin de vérifier les méthodes de conservation appropriées pour les producteurs. L'adoption de pratiques de conservation sur les terres labourables a entraîné le développement de nouvelles gammes d'instruments aratoires, un intérêt renouvelé dans l'épandage plus efficace des engrais, des changements de pratiques de désherbage, et l'utilisation de rotations des cultures novatrices.

Les producteurs de bœuf pourraient également toucher un revenu plus élevé grâce à une charge de bétail supérieure. Pour l'environnement, l'adoption de programmes de gestion et de fertilisation des pâturages se traduit par des pâturages plus sains et plus productifs et des sols moins sujets à l'érosion par l'eau. La qualité de l'eau peut être améliorée en changeant les pratiques de gestion afin de réduire le risque d'érosion, améliorant ainsi l'habitat terrestre et aquatique.

La possibilité de convertir les terres marginales peut également permettre au Conseil canadien des marchés agricoles d'atteindre son objectif de doubler la valeur des exportations agricoles. Cela nécessiterait une augmentation de la production animale. Il faudrait évaluer les augmentations des émissions connexes de méthane et d'oxydes d'azote.

D'un point de vue international, les pratiques et équipements de conservation que les producteurs canadiens adoptent sont transférables à de nombreux autres pays. Le marché d'exportation de leurs connaissances et de leurs équipements offrira clairement des débouchés. De plus, la production alimentaire basée sur des pratiques de conservation peut être un outil de commercialisation à l'échelle nationale et internationale pour les fermiers canadiens.

Il pourrait y avoir un autre avantage économique. Si un système ouvert de crédits de carbone est mis en place à l'échelle nationale, le secteur de l'agriculture pourrait contribuer aux réductions des émissions dans d'autres secteurs en compensant pour les émissions de GES grâce aux puits et aux échanges de crédit de carbone. Il sera important pour assurer le succès des stratégies de conservation des sols que les avantages attribuables à la séquestration du carbone reviennent à ceux qui le stockent, c.-à-d. les fermiers canadiens.

#### **4.1.7.3 Impacts sur l'environnement et la santé**

L'impact net des pratiques de conservation sur l'environnement est un sol plus sain, plus productif, moins sujet à l'érosion par le vent ou l'eau. Le risque de pollution de l'eau due à l'érosion et au ruissellement des engrais est réduit et, dans certaines régions (comme le sud du Manitoba), la qualité de l'air peut être améliorée grâce à l'élimination du brûlage du chaume. L'impact global se traduit par des agro-écosystèmes et un environnement plus durables. Toutefois, une augmentation des pratiques de culture sans labour entraîne généralement une utilisation accrue d'herbicides étant donné que les labours sont un élément de la lutte contre les mauvaises herbes (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation de la Saskatchewan, 1999). De plus, l'augmentation des pratiques de culture sans labour et de réduction des jachères pourrait entraîner une utilisation accrue d'engrais.

Pour maximiser les co-avantages possibles, et faire une évaluation exhaustive, toutes ces stratégies doivent être évaluées de façon intégrée : milieux humides; terres labourables; gestion des pâturages; conversion des terres marginales.

#### **4.1.7.4 Autres analyses et études nécessaires**

- ≡ D'autres travaux sont nécessaires pour raffiner les estimations de la séquestration du carbone, notamment des études destinées à surmonter les contraintes signalées à la section 4.1.1.
- ≡ Il faut également procéder à des études sur les avantages nets de la réduction des émissions à l'échelle de la ferme, y compris les émissions d'oxyde nitreux et de méthane, la réduction de la consommation de combustible et l'utilisation plus efficace des engrais. L'analyse à l'échelle de l'exploitation (et du secteur) proviendra des travaux de modélisation de la Table de l'agriculture et de l'agroalimentaire.
- ≡ En outre, les travaux de recherche et développement doivent être élargis et complétés pour en arriver à un protocole national de mesure, de surveillance et de vérification du changement du carbone dans le sol décrit en détail au chapitre 5.

#### **4.1.7.5 Opinions des intervenants**

Certains groupes environnementaux croient fermement que la possibilité de séquestration du carbone dans les sols agricoles a été surestimée, et qu'elle ne procurera que très peu d'avantages, voire aucun, aux agriculteurs. Ils croient également que ce ne devrait pas être une occasion de fournir au secteur de l'énergie des neutralisations du carbone, car cela retarderait ou éviterait le besoin de réduire l'utilisation de combustibles fossiles.

Certains membres du secteur de l'énergie voient la séquestration du carbone dans le sol comme une possibilité de fournir des neutralisations à court terme pour les aider à atteindre leurs objectifs de réduction des émissions. La proportion des neutralisations dans leurs plans dépendra des coûts des activités internes en matière de réduction des émissions et de leur capacité à améliorer leur rendement énergétique avec les technologies existantes. À plus long

terme (20 à 40 ans), une nouvelle génération de technologies plus éconergétiques remplacera le besoin de neutralisations pour atteindre les objectifs de réduction des émissions.

#### 4.1.8 Conclusions et recommandations

**Tableau 4.1 – Résumé des pratiques possibles de séquestration du carbone dans les sols agricoles**

Stratégie	Taux de séquestration annuel		Plage des coûts \$/tonne de CO <sub>2</sub> (moyenne)
	2008-2012 Mt CO <sub>2</sub>	2013-2017 Mt CO <sub>2</sub>	
1. Pratiques de conservation sur les terres labourables	18,3	18,1	0,60-6,33 (4,26)
2. Gestion des pâturages	0,7	2,5	8-10 (9)
3. Conversion des terres marginales en prairies de graminées	2,2	2,2	3,35
4. Restauration des milieux humides	2,9	2,9	S.O.
<b>TOTAL</b>	<b>24,1</b>	<b>25,7</b>	

Le tableau ci-dessus résume le taux de séquestration annuel associé à chacune des quatre stratégies d'amélioration du puits de carbone des sols agricoles. Les chiffres du coût par tonne ne sont donnés qu'à titre indicatif et proviennent d'informations éparées. La première stratégie d'amélioration — encourager les pratiques de conservation sur les terres labourables, y compris la réduction des jachères conventionnelles, offre les meilleures possibilités à la fois durant la première et la deuxième périodes d'engagement. De plus, c'est probablement l'une des stratégies les plus économiques. Le potentiel offert par cette stratégie est basé sur le fait que les producteurs novateurs et adopteurs précoces ont déjà mis en œuvre des pratiques de conservation et la réduction des jachères. Il faut se rappeler que le potentiel de séquestration des terres labourables se situe en fait entre 2 et 18 Mt CO<sub>2</sub> pour la première période d'engagement, étant donné que le modèle CENTURY projette pour 2010 un puits net de seulement 1,6 Mt CO<sub>2</sub> par année, en supposant la poursuite des pratiques actuelles.

Ce commentaire amène les membres de la Table à formuler une importante mise en garde : les estimations de la séquestration représentent seulement un potentiel de séquestration « grossier ». D'autres terres labourables qui ne sont pas soumises à des pratiques de conservation peuvent bien être des sources de CO<sub>2</sub> (p. ex. le travail classique des sols, autres pratiques, etc.). D'autres GES doivent également être intégrés dans l'équation (impacts du CH<sub>4</sub> et du N<sub>2</sub>O). En ce sens, les chiffres sont probablement une surestimation du potentiel de séquestration réel, même avec le même taux d'adoption.

Bien qu'il semble clair que les pratiques de conservation sur les terres labourables doivent être entreprises et encouragées, il semble prématuré de recommander qu'elles soient incluses dans les principales mesures (catégorie I), vu les incertitudes des négociations et la nécessité d'évaluations complémentaires. Toutefois, les membres de la Table croient que les incitatifs visant à maintenir et à améliorer l'adoption actuelle des pratiques de conservation (au moins d'une façon qui n'entraîne pas l'abandon des programmes de sensibilisation existants ou d'une façon « sans-regrets ») doivent être inclus dans la stratégie nationale de lutte contre le changement climatique. La promotion et le financement des recherches complémentaires doivent également être inclus dans la stratégie.

Bien que la stratégie dépende des résultats des négociations visant à raffiner le Protocole de Kyoto, un délai de cinq ans pour la mise en œuvre de la stratégie, sans augmentation du taux d'adoption durant cette période, diminue considérablement le taux de séquestration possible indiqué dans le tableau ci-dessus. Il convient cependant de remarquer que le taux d'adoption actuel des pratiques de travail réduit/nul n'est pas de zéro.

Les deuxième, troisième et quatrième stratégies, soit la gestion des pâturages, la conversion des terres marginales en prairies de graminées vivaces et la restauration des milieux humides, peuvent toutes les trois contribuer de manière importante au puits de carbone des sols agricoles. Les producteurs ont une expérience plus limitée et d'autres travaux



sont donc nécessaires pour montrer clairement à la fois les avantages économiques et les changements de carbone qui pourraient résulter de la mise en œuvre de ces stratégies.

Une autre stratégie, la plantation de brise-vents, comme poursuite du programme actuel de l'Administration du rétablissement agricole des Prairies (ARAP), pourrait séquestrer une quantité additionnelle de 0,4 million de tonnes durant la première période d'engagement. La plantation de brise-vent est recommandée comme mesure principale dans la section portant sur le boisement.

**Recommandation 4.1 :** que l'on examine plus avant les pratiques de conservation sur les terres labourables, la gestion des pâturages, la conversion des terres marginales en prairies de graminées vivaces et la restauration des milieux humides en tant que mesures qui pourraient jouer un rôle dans la stratégie canadienne de réduction des gaz à effet de serre (catégorie 2). L'élaboration des politiques, particulièrement pour établir des alliances régionales ou provinciales, pourrait commencer en 2000.

**Recommandation 4.2 :** que soient maintenus tous les programmes qui encouragent directement ou indirectement la séquestration du carbone dans les sols agricoles. Avant d'éliminer des programmes de sensibilisation existants, il faudrait les examiner afin de déterminer s'ils sont un atout précieux pour la séquestration du carbone.

**Recommandation 4.3 :** que l'on prenne en compte le lien entre la restauration des milieux humides et les stratégies d'adoption des pratiques de conservation sur les terres labourables, de gestion des pâturages, de conversion des terres labourables marginales en prairies de graminées vivaces.

**Recommandation 4.4 :** que la mise en œuvre des stratégies se fasse à l'échelle nationale, reconnaissant que la surface agricole disponible et le climat de chaque province ou région limiteront la contribution au puits de carbone du sol. Le financement du programme pourrait se faire sur la base du potentiel de séquestration du carbone ou du nombre d'hectares.

**Recommandation 4.5 :** que les gouvernements fédéral et provinciaux revolent toutes les politiques existantes qui pourraient influencer sur les stratégies d'amélioration du puits de carbone du sol.

Il faut revoir immédiatement les politiques canadiennes actuelles en matière d'agriculture pour s'assurer qu'elles sont compatibles avec la stratégie d'adoption et qu'elles ne constituent pas un obstacle :

- ≡ politiques neutres en matière d'assurance récolte et de taxation;
- ≡ compatibilité avec l'ALENA et le GATT;
- ≡ incitatifs financiers, comme dans le cas d'un programme d'établissement d'une couverture végétale permanente.

**Recommandation 4.6 :** que soient effectuées des recherches sur les émissions d'oxydes d'azote et de méthane liées aux quatre stratégies ci-dessus. Que l'on détermine si les effets des cinq stratégies sur tous les gaz à effet de serre entraînent d'autres réductions des émissions ou une plus faible séquestration nette du carbone. Que l'on inclue les effets de la consommation de combustibles et de la gestion des substances nutritives.

**Recommandation 4.7 :** que l'on détermine et raffine de nouvelles teneurs d'équilibre de C dans les sols et le potentiel de séquestration du carbone attribuables aux quatre stratégies.

**Recommandation 4.8 :** que soient effectuées des recherches afin d'évaluer les avantages économiques de chaque stratégie, et de déterminer les pratiques les mieux appropriées à chaque région agricole du Canada.

**Recommandation 4.9 :** que les gouvernements énoncent clairement leurs politiques concernant les droits de propriété du carbone séquestré dans les sols agricoles.

## 4.2 Potentiel de séquestration du carbone dans les sols dans d'autres pays

### 4.2.1 Introduction

Comme nous l'avons vu dans la section précédente, l'intensification des meilleures pratiques de gestion, de conservation, et de restauration des terres dégradées pourrait accroître l'importance de la séquestration du carbone (C) dans les sols au Canada, ce qui pourrait également s'appliquer à d'autres pays, comme le montre une étude faite par la Table des puits (GCSI, 1999), qui fournit des estimations du potentiel de puits des sols, à la fois pour l'ensemble de la planète et pour certains pays. Le présent document contient un résumé des résultats de cette étude, et pour des informations détaillées, le lecteur devra se référer à GCSI (1999). La Table des puits a jugé qu'une évaluation de la situation dans d'autres pays pourrait contribuer de façon utile et stratégique aux efforts du Canada en matière de négociation et de lobbying en faveur des puits des sols agricoles. Les principaux pays évalués étaient ceux qui possèdent un grand domaine agricole ou qui sont des acteurs importants dans les négociations sur le changement climatique.

De nombreux pays n'appuient pas encore l'inclusion des puits des sols agricoles dans le Protocole de Kyoto, principalement parce qu'ils doutent de la capacité à déterminer les « variations vérifiables des stocks de carbone du sol ». De nombreux gouvernements et membres de collectivités agricoles à l'étranger ne connaissent pas le potentiel planétaire, ni celui de leur propre pays, et ne peuvent donc pas adopter des mesures qui améliorent la productivité agricole tout en réduisant les concentrations de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère. Dans les négociations de la CCCC, certains pays pourraient être influencés par le potentiel planétaire et les avantages en matière de sécurité alimentaire offerts à de nombreux pays en développement par la restauration des terres dégradées, la lutte contre la désertification et l'amélioration de la production des terres cultivées. D'autres par contre pourraient être plus influencés par leurs propres possibilités de compenser les émissions de gaz à effet de serre par le biais des puits des sols.

### 4.2.2 Potentiel planétaire

Dans les conditions actuelles, on estime qu'il y peu, voire aucune, séquestration nette de carbone dans l'ensemble des régions tempérées, et que les sols cultivés des régions tropicales sont probablement une source nette de carbone (Cole *et al.*, 1993; Sauerbeck, 1993). En particulier, on croit actuellement que la culture des terres arables et des pâturages sous les tropiques contribue à un flux annuel net de 90 à 230 Mt de carbone (330-840 Mt CO<sub>2</sub>) (Lal et Logan, 1997).

Les pratiques de gestion qui peuvent accroître le carbone dans le sol sont décrites à la section 4.1 et ne sont pas reprises ici. Dans bien des cas, ces pratiques vont de pair et il n'est pas facile de les distinguer. Le travail de conservation du sol mérite d'être mentionné. Même s'il n'est pas exempt de controverse, et que l'on connaît peu son effet à long terme sur le maintien des concentrations des matières organiques dans les sols tropicaux et sous-tropicaux (Feller et Beare, 1997), une étude indique que les augmentations estimatives d'ici 2020 du travail réduit des sols sur 27 à 76 % du domaine cultivé à l'échelle du globe pourraient entraîner une augmentation nette du carbone dans le sol de l'ordre de 0,2 à 0,3 Pg de carbone (730 à 1100 Mt CO<sub>2</sub>) (Cole *et al.*, 1997). D'autres études corroborent ces résultats.

De plus, la dégradation des sols est particulièrement pertinente dans les pays en développement. Il n'existe pas d'estimations fiables de la dégradation des sols à l'échelle mondiale, mais on estime qu'il y a environ 250 Mha de terres très dégradées, dont environ 100 Mha pourraient être cultivées (Olderman, 1994). Quatre-vingt pour cent de ces terres gravement dégradées se trouvent en Afrique et en Asie. Le taux de séquestration du carbone pour la remise en état des ces terres est de l'ordre de 0,25 Mg de C/ha/an (Lal *et al.*, 1998). L'incertitude entourant cette estimation est particulièrement élevée en raison des piètres données sur la superficie de terres érodées.

À l'échelle de la planète, les estimations montrent qu'une importante initiative mondiale, faisant intervenir plusieurs pratiques (comme le travail de conservation du sol, l'élimination des jachères, les amendements de sol, les rotations avec des plantes fourragères, le retour aux prairies, et la restauration des terres érodées et salines), pourrait se traduire par une séquestration de 0,45 à 0,61 Pg de C/an (1650 à 2240 Mt CO<sub>2</sub>) au cours des 20 à 30 prochaines années (Lal et Bruce, 1999). Les hypothèses sous-jacentes sont variées et détaillées dans GCSI (1999); les chiffres doivent être utilisés avec prudence étant donné qu'on s'est servi de données spécifiques au site et à la pratique pour faire une estimation globale.

Il convient de remarquer que l'estimation ci-dessus de la séquestration équivaut à environ 1/10 des émissions annuelles de CO<sub>2</sub> dues à l'utilisation des combustibles fossiles et aux sources industrielles, ou 1/3 des émissions globales attribuables au déboisement et aux changements d'affectation des terres, ou 1/6 des augmentations annuelles du CO<sub>2</sub> atmosphérique d'après les estimations des émissions du GIEC (1996).

#### 4.2.3 Potentiel de puits des sols par pays-clé

Les possibilités de séquestration dans les sols tempérés et les sols tropicaux ne sont pas les mêmes, du fait des différences dans les types de sol, le climat, les pratiques agricoles et l'accès à la technologie. Dans les zones tropicales, la transition de l'utilisation des sols entre la forêt, l'agriculture et les milieux humides est continue. On a revu la documentation disponible sur le potentiel des sols en tant que puits de carbone pour 17 pays, même si la majeure partie de l'information ne couvre que certaines parties du pays ou certains effets de mesures individuelles. De plus, on a estimé le taux de séquestration potentiel pour 29 pays d'après les données sur l'affectation des terres, et des estimations sur le terrain de la séquestration par le sol pour diverses pratiques de gestion. Des contraintes réalistes ont été appliquées aux taux vraisemblables de d'adoption de techniques de conservation des sols, de meilleures pratiques de production et de restauration des terres dégradées. Les estimations ont été comparées, dans la mesure du possible, avec des estimations complètes publiées, disponibles seulement pour deux pays (le Brésil et les É.-U.) et l'Union européenne. Les valeurs calculées étaient proches du bas de la plage des valeurs publiées et sont donc probablement prudentes. Cela est dû, en partie du moins, au fait que les estimations contenaient des données inadéquates.

**Tableau 4.2 – Estimations du potentiel de séquestration du CO<sub>2</sub> dans les pays clés en 2010 et comparaison avec les émissions industrielles de CO<sub>2</sub>**

Principaux pays	Estimations du potentiel de séquestration du CO <sub>2</sub> en Mt CO <sub>2</sub> /an (2010)	Émissions industrielles de CO <sub>2</sub> en Mt CO <sub>2</sub> /an (1992) <sup>1</sup>	Pourcentage des émissions industrielles potentiellement séquestrées (%)
<b>AMÉRIQUE DU SUD</b>			
Argentine	65	117	55
Brésil	90 (87-440) <sup>2</sup>	217	41 (40-202) <sup>2</sup>
Chili	11	35	31
Pérou	15	22	68
<b>AMÉRIQUE DU NORD et CENTRALE</b>			
Costa Rica	1,4	3,8	37
Guatemala	3,2	5,7	56
Mexique	48	333	14
É.-U.	277 (275-760) <sup>2</sup>	4,881	6 (6-15) <sup>2</sup>
Canada	2-24 <sup>3</sup>	468	
<b>AFRIQUE</b>			
Éthiopie	25	3	830
Kénya	17	5	200
Nigéria	42	97	43
Afrique du Sud	37	290	13
<b>ASIE</b>			
Chine	191	2 668	7
Inde	182	769	23
Indonésie	41	185	22
Japon	8	1 093	1
Kazakhstan	79	298	27
Thaïlande	23	112	21
Turquie	36	145	25
<b>SUD-OUEST DU PACIFIQUE</b>			

Principaux pays	Estimations du potentiel de séquestration du CO <sub>2</sub> en Mt CO <sub>2</sub> /an (2010)	Émissions industrielles de CO <sub>2</sub> en Mt CO <sub>2</sub> /an (1992) <sup>1</sup>	Pourcentage des émissions industrielles potentiellement séquestrées (%)
Australie	133	268	50
Fiji	0,3	0,7	43
Nouvelle-Zélande	8	26	31
<b>EUROPE</b>			
Allemagne	15	878	2
Italie	15	408	4
Pays-Bas	2	139	1
Norvège	1	60	2
Fédération de Russie	140	2 103	7
Ukraine	34	611	6
Royaume-Uni	10	566	2
Union européenne	(605-770) <sup>2,4</sup>	3 101	(19-25) <sup>2</sup>

<sup>1</sup> World Resources Institute, 1996, sauf le Canada (de Jaques *et al.*, 1997).

<sup>2</sup> Les valeurs entre parenthèses proviennent de documents publiés.

<sup>3</sup> Section 4.1 du Rapport sur les options de la Table des puits.

<sup>4</sup> Les estimations de l'E.U. incluent le potentiel de séquestration de carbone des arbres, les compensations par les biocombustibles et la baisse de consommation de carburant grâce à la culture sans labour, en plus de la séquestration dans les sols agricoles. La portion des sols agricoles est estimée à environ la moitié des totaux donnés.

Le tableau 4.2 présente les estimations obtenues pour les taux potentiels annuels de séquestration du carbone dans le sol en 2010. On y donne également les émissions industrielles de CO<sub>2</sub> par année (1992). Il y a de nombreuses hypothèses sous-jacentes sur les taux d'adoption pour diverses pratiques et régions, y compris que des politiques gouvernementales seraient mises en place pour encourager l'adoption de mesures permettant la séquestration du carbone (à partir de 2000), et que les agriculteurs adopteraient graduellement des pratiques leur permettant d'en arriver à un plateau optimal d'après le jugement des experts, selon les pratiques et les régions. Dans l'ensemble, les membres de la Table croient que les estimations dépassent les possibilités techniques et économiques, et qu'elles sont donc théoriques. Il faut réitérer que les taux d'adoption des pratiques sont très discutables. Néanmoins, ils donnent une bonne indication de ce que l'on pourrait obtenir. On a également fait des projections pour 2020; elles sont présentées à l'annexe C pour chaque pays. On pourrait facilement extrapoler linéairement ces projections sur une autre décennie. La séquestration du dioxyde de carbone dans les sols est cependant limitée, et le carbone organique dans le sol atteindra un plateau après 30 à 50 ans.

Les pays ayant le plus gros potentiel absolu de séquestration du carbone sont, dans l'ordre, les É.-U., la Chine, l'Inde, la Fédération de Russie, l'Australie et le Brésil (plus de 90 Mt CO<sub>2</sub>/an). Le potentiel des É.-U. varie de 275 à 760 Mt CO<sub>2</sub>/an, principalement grâce au travail de conservation des sols et à la gestion des résidus (Al *et al.*, 1998). On a trouvé que, dans le cas de la plupart des pays en développement dont les émissions sont relativement faibles, les puits de carbone pourraient compenser pour 20 % à plus de 100 % des émissions industrielles. Dans le cas des pays ayant de fortes émissions industrielles et un vaste territoire, le potentiel de puits de carbone varie de 6 à 15 % des émissions. Le potentiel du Canada est de cet ordre de grandeur ou juste un peu moins. Pour ce qui est des pays industrialisés couvrant un petit territoire, ce potentiel représente seulement 1 à 2 % des émissions, mais une augmentation de la superficie des terres mises de côté entraînerait du même coup une augmentation du potentiel, particulièrement en Europe. Les estimations publiées pour l'ensemble de l'U.E., y compris le potentiel des terres agricoles en surplus mises de côté, sont beaucoup plus élevées (19 à 25 %) (Smith *et al.*, 1998). Toutefois, ces estimations comprennent le potentiel de séquestration du carbone dans les arbres, les neutralisations par les biocombustibles et la consommation réduite de combustibles grâce à la culture sans labour, en plus de la séquestration dans les sols agricoles. La portion des sols agricoles est estimée à environ la moitié des totaux donnés.

Les contraintes imposées aux taux d'adoption du travail de conservation des sols dans les pays en développement pour tenir compte des obstacles économiques (maximum de 25 % des terres labourables, sauf au Brésil et en Argentine) limitent l'importance de ce facteur dans tous les pays, à l'exception des plus grands pays en



développement (Inde et Chine). L'utilisation de meilleures techniques de fertilisation et d'épandage du fumier et autres pratiques de gestion prend une plus grande importance dans la plupart des régions en développement. Pour ce qui est des grands pays comptant des pâturages intensifs permanents, le potentiel de séquestration de ces terres devient important, même si la quantité de carbone séquestré par hectare est très faible. Cela peut conduire à surestimer les totaux pour l'Australie et peut-être l'Argentine. Dans le cas des pays européens pris individuellement, les chiffres sont probablement sous-estimés (mais pas ceux pour l'ensemble de l'U.E.) car les données sur l'inclusion des terres « mises de côté » n'ont pas été pris en compte.

#### 4.2.4 Impacts et obstacles économiques et environnementaux

L'impact économique de l'augmentation des concentrations de carbone organique dans le sol par le biais de toute une gamme de mesures de gestion pourrait être positif dans la plupart des pays, même sans accorder de valeur aux réductions de CO<sub>2</sub>. Il faut cependant lever un certain nombre d'obstacles cruciaux pour l'adoption : les immobilisations initiales pour l'achat de la machinerie et des équipements nécessaires, la garantie d'approvisionnements abordables en engrais et/ou fumier organique, l'amélioration de l'efficacité des systèmes d'irrigation, et l'aversion des agriculteurs à prendre des risques avec de nouvelles méthodes. Le paradoxe, c'est que ce sont les pays tempérés qui ont la plus forte capacité pour réaliser la séquestration du carbone, grâce aux technologies disponibles et à la présence d'infrastructures qui appuient les changements, mais ce sont les pays tropicaux qui en ont le plus grand besoin et le plus grand potentiel à long terme. L'adoption d'approches de gestion du carbone dans le sol sous les tropiques est en outre entravée par le fossé qui existe entre les avantages pour l'agriculture de subsistance et un objectif mondial d'augmentation de la séquestration du carbone. L'accent doit être mis sur les avantages à l'échelle de la ferme, comme des rendements et des revenus accrus, par opposition aux avantages climatiques mondiaux.

Que l'on entreprenne ou non des efforts délibérés afin de séquestrer une plus grande quantité de carbone, les augmentations prévues de l'utilisation d'engrais azotés dans les pays en développement au cours des prochaines décennies entraîneront probablement une hausse des émissions de N<sub>2</sub>O, mais aussi des concentrations de carbone dans le sol (GCSI, 1999). De plus, dans les pays tropicaux, dans la mesure où la gestion améliorée implique une importante augmentation de la consommation de combustibles fossiles, les avantages quant à l'atténuation du CO<sub>2</sub> seront diminués (IPCC, 1996). D'autres études sont nécessaires afin de déterminer l'équilibre net probable des gaz à effet de serre.

Tout bien considéré, le travail de conservation (pratiqué de façon intelligente) a d'importants avantages environnementaux « secondaires ». Il réduit l'érosion et les polluants aquatiques fixés aux particules de sol érodé, il aide à retenir l'humidité du sol et réduit l'utilisation de combustibles à la ferme. Même si dans certains cas les agriculteurs ont augmenté leurs apports chimiques en adoptant le travail de conservation du sol (herbicide, pesticide, engrais), le travail de conservation peut être pratiqué de façon efficace. Cependant, si l'on ne suit pas les meilleures pratiques de gestion, l'utilisation irresponsable des produits chimiques peut avoir des effets secondaires néfastes pour l'environnement. Les programmes de sensibilisation et d'éducation destinés aux agriculteurs doivent donc accompagner les programmes visant à accroître les puits de carbone dans le sol. Dans l'ensemble, on ne dispose pas d'estimations quantitatives des incidences environnementales possibles, et d'autres recherches sont nécessaires.

#### 4.2.5 Conclusions

Une grande incertitude entoure les estimations présentées dans cette section. Des travaux supplémentaires seraient nécessaires pour obtenir les taux de séquestration possibles exacts dans d'autres pays. Toutefois, ces taux fournissent des renseignements utiles indiquant qu'on peut suivre une stratégie en trois volets en vue d'une entente sur l'inclusion des puits des sols agricoles dans le Protocole de Kyoto :

1. Pour les petits pays qui sont de grands émetteurs et qui ont un faible potentiel de séquestration du carbone, l'accent doit être mis sur les avantages multiples de la promotion d'un important programme mondial visant à restaurer les terres dégradées et la pratique dynamique de mesures de conservation sur les terres labourables.
2. Pour les pays en développement, et pour les grands émetteurs qui ont un potentiel élevé de puits dans le sol (p. ex. É.-U., Fédération de Russie, Chine, Inde), il faudrait mettre l'accent sur les avantages de compensation des puits de carbone pour chaque pays.



3. En Europe, bien que certains pays aient de faibles potentiels de puits des sols, comme on l'a mentionné plus haut, les estimations publiées pour l'ensemble de l'U.E. sont valides et pourraient bien influencer sur leur position de négociation. Les pays couvrant un petit territoire mais qui ont des liens stratégiques avec le Canada, comme le Royaume-Uni et les Pays-Bas, pourraient appuyer cette décision. De tous les pays de l'U.E., ce sont ces deux pays qui font actuellement le plus preuve d'intérêt et d'ouverture d'esprit dans les négociations.

De plus, le mécanisme de développement propre, la mise en œuvre conjointe et les échanges internationaux de droits d'émissions, prévus dans le Protocole de Kyoto, peuvent fournir l'occasion d'aider les pays en développement et les agriculteurs. Cela pourrait permettre aux fermiers de mettre en place des pratiques de gestion qui se traduiraient par une augmentation des concentrations de carbone organique dans le sol et une réduction des concentrations de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère, ainsi que par une plus grande productivité agricole et d'autres avantages pour l'environnement.

## 5. MESURE, SURVEILLANCE ET VÉRIFICATION DES CHANGEMENTS DANS LES STOCKS DE CARBONE

### 5.1 Contexte et considérations générales sur les besoins scientifiques

L'article 3 du Protocole de Kyoto souligne le fait que les rapports nationaux sur les sources et les absorptions par les puits de gaz à effet de serre résultant d'activités humaines liées au changement d'affectation des terres et à la foresterie doivent être transparents et vérifiables, et utiliser des modalités, règles et lignes directrices qui restent à déterminer. Les efforts déployés en vue de faire accepter les autres puits possibles, comme la forêt aménagée et le carbone dans les sols agricoles, dépendront de la disponibilité de données crédibles.

Les données et les connaissances actuelles sur les processus des flux de carbone ne sont pas encore adéquates pour fournir un système de déclaration crédible. Par exemple :

- ≡ les inventaires nationaux des stocks de carbone dans les écosystèmes forestiers, les sols agricoles et les milieux humides, ainsi que la connaissance des interactions entre les divers systèmes, ne sont pas adéquats pour fournir les données de base nécessaires pour mesurer les changements ;
- ≡ certaines incertitudes importantes subsistent quant à la façon dont les processus physiques et chimiques dans les écosystèmes terrestres, et particulièrement les sols, absorbent le dioxyde de carbone de l'atmosphère, le transfèrent sous forme de composés du carbone à l'intérieur des écosystèmes et le retiennent dans le système, qui devient un réservoir de carbone, ou le rejettent dans l'atmosphère. Ces processus varient considérablement avec l'endroit et le moment. Ils sont aussi sensibles aux changements prévus dans les conditions environnementales, comme la température et les précipitations, les concentrations atmosphériques de dioxyde de carbone et le dépôt acide;
- ≡ on connaît mal la façon dont varie le stock de carbone dans le système total du carbone, particulièrement dans les réservoirs souterrains, la matière organique morte et le carbone organique dissous dans les eaux souterraines et les eaux de surface;
- ≡ il faut améliorer les techniques pour extrapoler de façon fiable les données sur la variations des stocks de carbone dans des écosystèmes très variables, de l'échelle du processus à l'échelle écosystémique, paysagère et nationale.

Il faudra répondre à de nombreux besoins en matière de données et de recherche afin de régler ces problèmes de façon appropriée. Plusieurs sont propres aux écosystèmes forestiers, agricoles et palustres, et sont décrits plus en détail respectivement aux sections 5.2 et 5.3, et au chapitre 6. Il y a cependant de nombreux besoins génériques qui s'appliquent à toutes les activités actuellement incluses dans le Protocole ou dont on pourrait approuver l'inclusion plus tard :

#### 5.1.1 Besoins de données et d'inventaires

Les principales priorités sont :

- ≡ **Information de base.** Il y a un urgent besoin de maintenir, d'améliorer et d'établir des bases de données sur les sols, les milieux humides, le climat, la couverture terrestre et les pratiques de gestion.
- ≡ **Systèmes de surveillance pour déceler les changements.** Des systèmes de surveillance et d'évaluation bien conçus et à long terme peuvent surmonter le problème de la variabilité du carbone dans les écosystèmes. Dans certains domaines, particulièrement les milieux humides, il faudra établir des mécanismes de coordination afin d'assurer le leadership et orienter la recherche.
- ≡ **Systèmes de mise à l'échelle.** Il faudra faire une meilleure utilisation des bases de données existantes afin de relier les processus des flux de carbone à des variables quantifiables plus vastes, comme la classification des types et des âges des peuplements de forêts, la classification des milieux humides, les régimes hydrologiques des sols, les pratiques d'affectation des terres, etc.
- ≡ **Processus international de révision par des pairs.** Les systèmes de collecte et de surveillance des données doivent être crédibles et vérifiables si nous voulons que les estimations de la séquestration du carbone soient acceptables à l'échelle internationale.

- ≡ **Gestion des données.** Il faudra élaborer un cadre d'intégration et un système d'entreposage des données pour concilier et combiner les divers types de données qui proviendront des différents programmes de surveillance.

### **5.1.2 Priorités en matière de recherche pour les processus qui régissent la séquestration du carbone**

Même s'il existe déjà de nombreux modèles empiriques pour évaluer la croissance et le rendement des écosystèmes forestiers et agricoles au Canada, ils sont inadéquats pour évaluer le taux d'accumulation et de rétention du carbone à long terme dans ces écosystèmes, particulièrement pour les réservoirs de la biomasse morte et souterraines. Ils ne permettent pas non plus de modéliser l'impact des changements dans les facteurs environnementaux qui ont une grande influence sur les processus écologiques de flux du carbone, mais qui peuvent ne pas avoir eu lieu durant la collecte des données pour ces modèles empiriques. Pour ce faire, il faut des modèles fondés sur les processus, qui nécessitent une bonne connaissance des processus biogéophysiques naturels à l'intérieur des écosystèmes.

Plusieurs réunions et ateliers pertinents ont récemment tenté d'articuler certaines de ces préoccupations. En mai 1998, par exemple, la Soil and Water Conservation Society a tenu à Calgary une réunion d'intervenants et d'experts pour, entre autres activités, établir les priorités de la recherche dans le but d'évaluer les effets de la conservation des sols sur les puits de carbone. Au début de 1999, diverses réunions techniques d'experts ont eu lieu à Toronto, Vancouver et Oak Hammock afin de déterminer les priorités de recherche sur les processus souterrains des flux de gaz à effet de serre, d'identifier les options de déclaration des puits de carbone dans les forêts, et d'évaluer le rôle possible des systèmes palustres dans la séquestration du carbone (Hengeveld et Beaulieu, 1999; Kurz 1999).

Parmi les principales priorités de recherches génériques mises en lumière lors de ces réunions et au cours de discussions connexes :

- ≡ meilleure compréhension de la composition du sol, et des processus de décomposition, notamment les processus aérobies/anaérobies et autotrophes/hétérotrophes, dans les forêts, les terres agricoles et les milieux humides du Canada;
- ≡ meilleure compréhension de la réaction des flux et du stockage du carbone aux pratiques de gestion, aux changements environnementaux mondiaux et régionaux, y compris le changement climatique et les apports de dioxyde de carbone et d'azote, et aux perturbations comme le feu, les insectes, les inondations et les sécheresses;
- ≡ élaboration et évaluation d'un modèle de bilan du carbone. De tels modèles seront essentiels pour appliquer les résultats des recherches connexes sur le processus des flux de carbone à l'élaboration d'estimations crédibles et vérifiables des puits de carbone;
- ≡ recherche et évaluation du processus d'extrapolation des données et des résultats du modèle, du niveau du « processus » à celui de l'écosystème et du paysage;
- ≡ impact des changements du stockage du carbone sur les flux d'oxyde d'azote et de méthane.

## **5.2 Mesure, surveillance et vérification des stocks de carbone dans les forêts**

### **5.2.1 Besoins de données**

La Table des puits a piloté une étude visant à évaluer les options pour répondre aux exigences de déclaration vérifiable des changements dans les stocks de carbone attribuables au reboisement, au boisement et au déboisement, et à d'autres activités forestières possibles au Canada. Le rapport (Kurz, 1999), basé sur un atelier d'experts qui a eu lieu en janvier 1999, à Vancouver, examine les besoins de données qui résultent des exigences en matière de déclaration, discute de quelques-unes des méthodes disponibles pour obtenir ces données, et présente la conception et les caractéristiques d'un système national de déclaration du carbone.

Les exigences de déclaration en vertu du Protocole de Kyoto et de la CCCC-ONU créent le besoin d'un système de déclaration à l'échelle nationale qui fournisse de l'information sur les indicateurs suivants :

1. pour le reboisement, le boisement et le déboisement, et toute autre activité qui pourrait être approuvée plus tard :

- i) la superficie touchée par chaque activité depuis 1990, et
  - ii) soit :
    - a) le stock de carbone (y compris la biomasse aérienne, la biomasse souterraine et le carbone du sol) sur cette superficie au début et à la fin de chaque période d'engagement; soit
    - b) le taux de variation des stocks de C (y compris la biomasse aérienne, la biomasse souterraine et le carbone du sol) sur cette superficie durant chaque période d'engagement.
2. les stocks de carbone en 1990 et les estimations des variations au cours des années subséquentes;
3. les émissions anthropiques annuelles de gaz à effet de serre par les sources et les absorptions par les puits attribuables au changement d'affectation des terres et à la foresterie dans la forêt « aménagée ».

Les exigences 1 et 2 découlent du Protocole de Kyoto (paragraphes 3.3 et 3.4). L'exigence 3 est issue de la CCCC-ONU et n'est pas modifiée par le Protocole de Kyoto. Étant donné l'intérêt scientifique international croissant pour le rôle des écosystèmes des forêts boréales dans le cycle mondial du carbone, le système de déclaration doit également pouvoir fournir de l'information sur les variations des stocks de carbone dans la superficie totale couverte par les forêts au Canada.

Comme nous l'avons mentionné aux chapitres 2 et 3, les définitions exactes des activités de reboisement, boisement et déboisement (RBD) en vertu du Protocole de Kyoto n'ont pas fait l'objet d'une négociation. Le résultat des négociations aura un impact important sur la superficie de la « forêt de Kyoto ». Elle comprend le territoire touché par des activités anthropiques directes menées depuis 1990 qui établiront une exigence de déclaration du changement des stocks de carbone au cours de périodes d'engagement quinquennales, à compter de 2008. On peut s'attendre à ce que les activités de boisement et de déboisement soient déclarées aux termes du Protocole. Certaines incertitudes persistent cependant quant à la définition du reboisement, qui peut inclure ou exclure la régénération d'une forêt après la récolte. Au Canada, environ 1 000 000 d'hectares sont récoltés chaque année; si on inclut le reboisement après la récolte, cela donnerait une superficie beaucoup plus grande exigeant un mécanisme de déclaration en vertu du Protocole de Kyoto. À remarquer que la forêt de Kyoto comprendra certaines zones qui ont été déboisées depuis 1990 et qui appartiennent peut-être maintenant à une catégorie différente d'affectation des terres. Les observations de changements du couvert forestier doivent être appuyées par de l'information sur la cause de ces changements afin de déterminer si la zone en question sera incluse dans la forêt de Kyoto. Les besoins en données pour la déclaration des changements observés dans les stocks de carbone seront également touchés par les activités anthropiques directes additionnelles négociées en vertu du paragraphe 3.4.

Enfin, la définition négociée de réservoirs de carbone, qui sera incluse dans la déclaration aux termes du Protocole de Kyoto, aura également un impact sur les exigences en matière de données. Les besoins de données, et la difficulté d'obtenir ces données, vont en augmentant en partant de la biomasse aérienne, à la biomasse souterraine puis aux réservoirs de matière organique morte.

La CCCC-ONU prévoit la déclaration des flux nets de carbone dans la forêt « aménagée » du Canada. Cette zone comprendra la majeure partie, mais non la totalité de la zone couverte par la forêt de Kyoto. L'étendue de la forêt aménagée au Canada dépend du choix des définitions et va de 146 millions d'hectares pour la forêt d'exploitation à accès non réservé, à 245 millions de ha pour la forêt d'exploitation (Lowe *et al.*, 1994). Dans la forêt aménagée, tous les changements des stocks de carbone seront déclarés, quelle que soit la cause du changement. Bien qu'il n'y ait aucune référence directe à la « vérification » des changements des stocks de carbone, les estimations déclarées doivent être crédibles sur le plan scientifique.

L'exigence minimale d'un système national de déclaration des stocks de carbone est la collecte, le stockage et la diffusion de l'information sur les changements passés pour trois zones : la forêt de Kyoto, la forêt aménagée et le territoire forestier total. De plus, un système de déclaration national doit :

- ≡ être crédible sur le plan scientifique;
- ≡ respecter les exigences de déclaration du Protocole de Kyoto et de la CCCC-ONU;

- ≡ fournir les indicateurs clés des changements des stocks de carbone en intervalles de temps annuels et pour chaque période d'engagement, comme l'exigent les directives en matière de déclaration;
- ≡ être basé sur des méthodes qui suivent la mise à l'échelle de l'information à l'échelle nationale;
- ≡ fournir des estimations uniformes à l'échelle internationale, dans toutes les entités spatiales pour lesquelles où il y a déclaration;
- ≡ tenir un registre, explicite sur le plan spatial, de l'emplacement des activités qui ont donné lieu à la création de la forêt de Kyoto;
- ≡ calculer les changements des stocks de carbone en tenant un registre des stocks de carbone dans la forêt de Kyoto au début et à la fin de chaque période d'engagement, ou en estimant le changement du stock de carbone durant la période d'engagement à l'aide de la « méthode de débit »;
- ≡ estimer le stock de carbone au début d'une période d'engagement dans les zones où il y a eu une activité RBD durant la période;
- ≡ estimer les changements du stock de carbone dans tous les réservoirs inclus dans le Protocole de Kyoto (c.-à-d. un ou plusieurs réservoirs de biomasse aérienne, de biomasse souterraine et de carbone dans le sol);
- ≡ être vérifiable;
- ≡ s'adapter aux définitions, aux procédures de déclaration et aux lignes directrices en matière de méthodologie à mesure qu'elles évoluent;
- ≡ être opérationnel avant le début de la première période d'engagement;
- ≡ être économique;
- ≡ fournir des estimations des incertitudes;
- ≡ pouvoir fournir des projections des futurs changements des stocks de carbone basées sur diverses hypothèses (optionnel);
- ≡ pouvoir évaluer les conséquences des autres définitions possibles des activités RBD et des autres activités d'aménagement forestier sur les changements déclarés des stocks carbone (optionnel).

### **5.2.2 Principales composantes d'un système national de mesure, de surveillance et de vérification du carbone des forêts**

Le système d'information sera composé de plusieurs composantes qui remplissent toutes des fonctions spécifiques. Les principales fonctions, présentées à la figure 5.1, sont l'acquisition des données, le stockage des données, les modèles, les bases de données des paramètres, les outils de déclaration et la vérification.



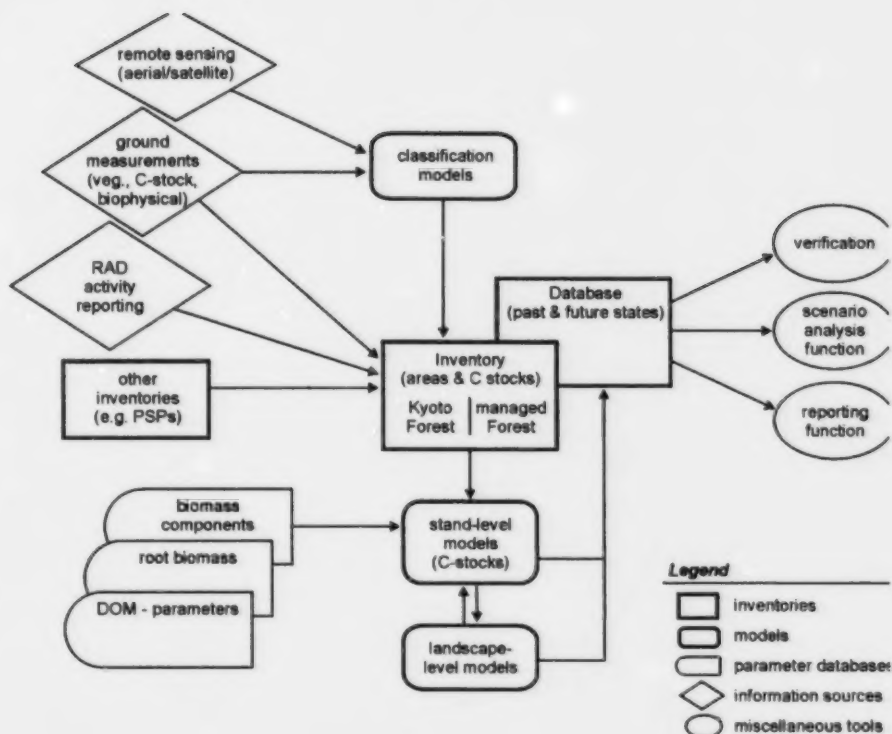


Figure 5.1 Principales composantes d'un système national de déclaration du carbone des forêts

remote sensing (aerial/satellite) = télédétection (aérienne/satellite)

ground measurements (veg., C-stock, biophysical) = mesures au sol (vég., stock de carbone, biophysique)

classification models = modèles de classification

RAD activity reporting = déclaration des activités RBD

other inventories (e.g. PSPs) = autres inventaires (p. ex. PEP)

Inventory (areas & C stocks) = Inventaire (superficies et stocks de carbone)

Kyoto Forest = Forêt de Kyoto

managed Forest = Forêt aménagée

verification = vérification

scenario analysis function = fonction d'analyse de scénario

reporting function = fonction de déclaration

biomass components = composantes de la biomasse

root biomass = biomasse racinaire

DOM - parameters = MOM - paramètres

stand-level models (C-stocks) = modèles au niveau du peuplement (stocks de carbone)

landscape-level models = modèles au niveau du paysage

legend = légende

inventories = inventaires

models = modèles

parameter databases = bases de données sur les paramètres

information sources = sources d'information

miscellaneous tools = outils divers

Il existe plusieurs façons de fournir certaines de ces fonctions. Les détails des exigences en matière de déclaration dépendent grandement des résultats inconnus des futures négociations sur la mise en œuvre du Protocole de Kyoto, qui détermineront l'étendue de la forêt de Kyoto, les types d'activités et les réservoirs de carbone qu'il faudra suivre. Il n'y a donc pas de meilleure option pour le moment. On propose plutôt d'élaborer un cadre global qui permettra l'utilisation des outils appropriés pour chaque fonction. Le plus important rôle du système d'information global sera de fournir la structure, les normes et les interfaces nécessaires pour intégrer le flux de l'information entre les diverses composantes.

#### *Acquisition des données*

On a identifié six options pour l'acquisition des données sur la superficie de la forêt de Kyoto, et sur son stock de carbone et les changements de ce stock, la forêt aménagée ou le territoire forestier total : la télédétection basée sur une couverture complète, la télédétection basée sur un sous-échantillon statistique, la détermination du changement dans les inventaires, la déclaration des activités, la mesure au sol des stocks de carbone et la mesure au sol des flux de carbone. La contribution relative de chaque méthode au respect des exigences nationales en matière de déclaration dépendra du choix des définitions pour le Protocole de Kyoto et de l'exigence à respecter. Dans tous les cas, on devra probablement appliquer plusieurs méthodes, et la plus importante contribution au système de déclaration national sera le cadre d'intégration qui peut recevoir et combiner les données provenant de sources variées.

#### *Stockage des données*

Deux fonctions de stockage des données sont nécessaires pour le système de déclaration national. La première base de données contient la compilation des informations pertinentes sur les inventaires, provenant de diverses sources. Elle comprend l'information sur l'emplacement et la superficie de la forêt de Kyoto créée par des activités de reboisement, de boisement et de déboisement depuis 1990. La deuxième contient l'information, dérivée des inventaires, sur les stocks de carbone de ces zones, provenant de modèles qui extrapolent les mesures dans l'espace et dans le temps. Les deux bases de données devraient être à référence spatiale.

#### *Modèles*

Quatre types de modèles seront nécessaires pour le système de déclaration :

- ≡ des modèles pour l'extrapolation spatiale des mesures du volume ou des stocks de carbone,
- ≡ des modèles de croissance et de rendement pour projeter la dynamique des volumes avec le temps,
- ≡ des modèles de la dynamique du carbone de l'écosystème permettant de projeter les réservoirs de biomasse aérienne et souterraine et de matière organique morte des écosystèmes individuels,
- ≡ la dynamique du carbone au niveau du paysage, qui projette la distribution âge-classe et la dynamique de nombreux écosystèmes.

Certains de ces modèles pourraient être emboîtés (c.-à-d. le modèle de la dynamique de l'écosystème pourrait utiliser un modèle de croissance et de rendement pour lancer des projections du volume des peuplements) et le modèle au niveau du paysage pourrait incorporer le modèle de la dynamique du carbone au niveau de l'écosystème.

Il y a des douzaines de modèles de croissance et de rendement au Canada. La plupart sont maintenus par des organismes provinciaux et l'industrie pour la gestion et la planification du bois d'œuvre. Ces modèles sont étalonnés en fonction des essences, du site et des conditions écologiques de la région dans laquelle ils sont appliqués. En général, ils projettent l'information sur le volume des peuplements dans le temps, et nombre d'entre eux sont conçus pour fonctionner avec un format d'inventaire utilisé par un organisme ou une société forestière. Le choix des modèles de croissance et de rendement utilisés pour le système de déclaration national dépendra des circonstances régionales et des modèles disponibles. Le rôle du système de déclaration national sera de fournir l'information normalisée sur les inventaires qui permettra d'utiliser des modèles de croissance étalonnés en fonction de la région pour la projection du volume des peuplements.

Les modèles de la dynamique des écosystèmes prévoient les changements dans tous les réservoirs de carbone de l'écosystème, y compris les réservoirs de biomasse aérienne et souterraine et de matière organique morte, comme la litière, les gros débris de bois et la matière organique des sols. Les deux principaux objectifs de ces modèles sont de

prévoir la dynamique de toutes les composantes de la biomasse (pas seulement le volume des tiges) et de lier les changements observés dans les réservoirs de matière organique morte (MOM) à la dynamique du peuplement, aux impacts de la gestion et aux perturbations.

Les modèles d'écosystème sont essentiellement des outils de recherche qui ne sont pas utilisés en gestion forestière opérationnelle. Ces modèles peuvent être lancés par des équations de croissance empiriques (c.-à-d. un modèle de croissance et de rendement) ou par la simulation des processus biologiques. La première approche tire profit des nombreuses recherches sur la croissance et le rendement faites au Canada, et du très grand nombre de mesures faites dans les placettes d'échantillonnage permanentes (PEP). Les modèles de croissance empirique sont limités : ils ne réagissent pas à un changement planétaire. Une approche par simulation basée sur la modélisation des processus sera cependant plus difficile à étalonner en fonction des conditions propres à la région et au site, mais pourra être conçue de façon à tenir compte des impacts du changement planétaire sur la dynamique du carbone.

Des modèles de la dynamique du carbone au niveau du paysage sont nécessaires afin d'intégrer les changements des stocks de carbone dans une zone plus vaste. Ces modèles calculent les changements des stocks de carbone à partir de l'information sur la zone et les stocks de carbone des peuplements individuels, et à partir de la distribution par classe d'âge des peuplements dans le paysage. La gestion forestière opérationnelle emploie souvent des modèles de dynamique du volume du peuplement au niveau du paysage pour la planification des calendriers de récolte ou autres activités de gestion. Pour l'analyse de la dynamique du carbone, les indicateurs générés par ces modèles doivent être élargis pour inclure les stocks de carbone dans tous les réservoirs de carbone de l'écosystème.

Le Modèle de bilan du carbone du secteur forestier canadien (MBC-SCF2, Kurz *et al.*, 1992; Kurz et Apps, 1999) est un modèle de dynamique du carbone au niveau du paysage qui a été appliqué aux analyses faites à diverses échelles spatiales. Des modèles au niveau du paysage qui assurent des fonctions semblables sont nécessaires pour fonctionner avec l'information qui sera contenue dans l'inventaire de la forêt de Kyoto, ou avec les inventaires de la forêt aménagée ou du territoire forestier total.

#### ***Bases de données sur les paramètres***

Une importante contribution à un système national de déclaration sur le carbone peut être l'élaboration et la tenue à jour de bases de données sur les paramètres, les méthodes et autres informations qui seront nécessaires pour toutes les analyses de la dynamique de l'écosystème forestier en ce qui a trait au carbone. Les exigences en matière de déclaration des changements au niveau des stocks de carbone donneront lieu à un besoin accru de paramètres et de méthodes permettant d'élargir l'information disponible sur la dynamique du volume des tiges aux autres réservoirs de carbone de l'écosystème. De nombreux analystes des organismes de gestion des ressources, de l'industrie forestière et des organismes de recherche feront face aux mêmes défis, et devront examiner un nombre limité d'études et de recherches. L'élaboration, coordonnée à l'échelle nationale, de méthodes et de bases de données sur les paramètres augmenteront considérablement la crédibilité des modèles nécessaires pour élaborer des estimations vérifiables des changements des stocks de carbone, ce qui facilitera la vérification des résultats déclarés.

Des paramètres et les méthodes sont nécessaires pour convertir le volume des tiges en d'autres composantes de la biomasse aérienne, calculer la biomasse racinaire souterraine, et initialiser et simuler les réservoirs de matière organique morte.

#### ***Outils de déclaration***

Les outils de déclaration requis pour le système national de déclaration doivent pouvoir rechercher et résumer l'information contenue dans la base de données des estimations des stocks prévus de carbone. Ces outils doivent permettre de déclarer les changements des stocks de carbone pour diverses zones, comme une région, une province, la forêt de Kyoto, la forêt aménagée ou le territoire forestier total du Canada. Idéalement, ces outils doivent également pouvoir incorporer les diverses définitions et méthodes évolutives de comptabilisation du Protocole de Kyoto, permettant ainsi une analyse des conséquences du choix de définitions données.

L'importante contribution d'une approche coordonnée à l'échelle nationale fera en sorte que les méthodes utilisées pour la déclaration des changements des stocks de carbone sont appliquées de façon uniforme et qu'elles respectent les protocoles internationaux. Cela facilitera aussi la vérification des résultats déclarés.

### **Vérification**

On pourrait vérifier deux aspects distincts des changements déclarés des stocks de carbone : les valeurs déclarées avec leurs estimations sous-jacentes de la superficie et des stocks de carbone, et le système utilisé pour obtenir ces estimations. À l'heure actuelle, le terme « estimations vérifiables » utilisé au paragraphe 3.3 du Protocole de Kyoto n'est pas précisé davantage, et il faudra probablement vérifier l'un de ces aspects, ou les deux, à l'avenir. La décision concernant le processus de vérification requis pourrait être le résultat des futures négociations sur la mise en œuvre du Protocole de Kyoto. Le système national de déclaration du carbone peut sensiblement contribuer au processus de vérification en permettant l'acquisition de données ayant fait l'objet d'un examen interne, des modèles, des ensembles de paramètres et des méthodes de déclaration. Le système devrait également fournir un mécanisme pour la comparaison, l'évaluation et l'examen interne des modèles. Il pourrait même être bon d'envisager l'homologation de modèles et de méthodes qui pourraient être employés pour fonctionner à partir de l'information primaire contenue dans l'inventaire central. Seuls les résultats obtenus à l'aide de ces modèles approuvés seront acceptés dans la base de données sur les stocks prévus de carbone.

### **Résumé des options pour diverses exigences en matière de déclaration**

Diverses combinaisons d'échelles spatiales, de protocoles de déclaration et de réservoirs de carbone dans l'écosystème donnent un très grand nombre d'exigences différentes en matière de déclaration, qui peuvent être observées à l'aide d'un système qui fournit les composantes fonctionnelles discutées ci-dessus. Des choix multiples permettent d'obtenir plusieurs composantes fonctionnelles. Les diverses exigences en matière de déclaration influent principalement sur la façon de recueillir les données de superficie et sur le choix des outils pour représenter la dynamique du carbone dans l'écosystème. Dans tous les cas, il faut un cadre global pour stocker, analyser et déclarer l'information sur les stocks de carbone. Le rapport donne des exemples de la façon dont les options changent en fonction des exigences en matière de déclaration.

Les futures définitions employées pour la mise en œuvre du Protocole de Kyoto influenceront sur le choix des méthodes spécifiques utilisées pour fournir chacune des fonctions et leur importance relative. Par exemple, si les activités RBD sont limitées au boisement et au déboisement, et qu'elles excluent le reboisement après récolte, la superficie totale de la forêt de Kyoto sera petite. La méthode la plus efficace pour l'acquisition des estimations de la superficie pourrait consister en un système de déclaration de l'activité, qui fait le suivi de toutes les activités de boisement et de déboisement (bien qu'il puisse être difficile d'obtenir les données depuis 1990 jusqu'à l'année de mise en œuvre du système). Pour ce qui est de la déclaration des changements de stocks de carbone dans tout le territoire forestier du Canada, la meilleure façon d'acquérir des données sur la superficie et la distribution par âge et par catégorie des divers types d'écosystèmes forestiers serait à l'aide de la télédétection, basée soit sur une couverture complète, soit sur un échantillon statistique de la superficie.

L'élément central du système national de déclaration du carbone sera un inventaire contenant des données sur l'état de la région lors de la dernière observation. La portée spatiale de cet inventaire pourrait être seulement la forêt de Kyoto, la forêt aménagée ou tout le domaine forestier du Canada. Bien que la taille de l'inventaire soit appelée à varier considérablement, aux fins de cette discussion générale, l'inventaire remplit le même rôle fonctionnel dans chaque cas, notamment celui de stocker de l'information obtenue à l'aide des mesures.

L'inventaire devrait être accompagné d'un système de base de données qui contient de l'information sur l'état passé (p. ex. 1990), actuel et futur de la zone incluse dans l'inventaire. La base de données contiendra, pour chaque zone de l'inventaire, la taille estimative de chaque réservoir de carbone à divers moments dans le temps. Cette information sera extrapolée dans le temps et dans l'espace à l'aide de modèles, au niveau du peuplement et du paysage, de la dynamique du carbone dans l'écosystème. Les résultats contenus dans la base de données peuvent être résumés et présentés à l'aide de l'outil de déclaration.

### **Projet pilote de surveillance du déboisement**

Comme on l'indique dans les recommandations ci-dessous, un des besoins est l'élaboration et la mise à l'essai de méthodes de télédétection des changements d'affectation des terres. La Table des puits a demandé au Service canadien des forêts, à Victoria (C.-B.), d'effectuer en 1999 - 2000 une étude qui permettra d'élaborer un système

modèle à l'aide de l'Inventaire forestier national, de la télédétection et d'autres sources de données en vue de la mesure vérifiable des changements dans les stocks de carbone attribuables au déboisement pour en faire rapport aux termes du Protocole de Kyoto. L'étude portera sur la première de trois étapes visant à définir le système, ainsi que sur les principales questions. Pour les étapes subséquentes, il faudra tester, raffiner et mettre en œuvre le modèle.

### 5.2.3 Priorités de recherche pour les modèles de forêt utilisés aux fins de la déclaration

Comme l'indique la section 5.2.2, la déclaration des changements dans les stocks de carbone des forêts attribuables aux mesures prises pour atteindre les objectifs de Kyoto nécessite la mise au point de modèles fiables sur la dynamique du carbone, tant au niveau de l'écosystème qu'au niveau du paysage. La recherche connexe doit améliorer la fiabilité et le degré de confiance de ces modèles, et porter sur toutes les échelles de l'écosystème forestier — du niveau du peuplement jusqu'à celui du paysage, puis à celui du biome ou du pays. Les priorités quant aux processus des flux de carbone sont :

- ≡ des méthodes améliorées de paramétrisation et de quantification de l'efflux de CO<sub>2</sub> des sols et des racines par type et âge de peuplement, aux échelles quotidienne, saisonnière et annuelle, dans les régions climatiques, faisant intervenir les conditions météorologiques et le climat;
- ≡ l'amélioration de la paramétrisation des régimes d'allocation du carbone et de l'azote au-dessus de la surface et sous terre, faisant intervenir le changement climatique, et les apports des substances nutritives, par type de peuplement et de site et par âge de peuplement;
- ≡ des mesures améliorées de la décomposition des résidus de bois sur le site, 0 à 10 ans après la récolte. Cela détermine de façon importante à quel moment une forêt en régénération devient un puits.

Au niveau du paysage, le carbone et l'azote s'accumulent en fonction de l'emplacement de chaque type de sol/site forestier : relief, régime d'écoulement hydrologique latéral, substrat du sol, type de végétation et perturbation des alentours. Il faut comprendre et caractériser ces rapports en termes de productivité primaire nette (PPN), de productivité nette de l'écosystème (PNE) et de productivité biologique nette (PBN). Ce genre de recherche nécessite :

- ≡ une analyse à haute résolution, spatialement explicite, des bases de données existantes, comme des cartes numériques d'altitude, des cartes de classification écologique des sites, de l'information sur l'inventaire forestier, des cartes géologiques et pédologiques (CANSIS +), des cartes des milieux humides, des cours d'eau et des routes, des images satellitaires, etc.;
- ≡ l'évaluation des variations spatio-temporelles du régime hydrologique et des processus connexes au niveau du paysage et des boucles de rétroaction concernant les stocks et les flux de carbone et d'azote, pour déterminer les interactions entre les écoulements hydrologiques et la taille des bassins et des flux de carbone et d'azote;
- ≡ la mise au point de techniques de mise à l'échelle convenant à la paramétrisation et à la quantification des stocks et de la dynamique des flux de carbone et d'azote, du niveau du peuplement à celui du paysage, et du niveau du paysage à celui du biome;
- ≡ l'utilisation d'outils de mesure et de surveillance au niveau du paysage pour valider les modèles de stock/flux de carbone et d'azote au même niveau.

Travailler au niveau du biome/pays nécessite une intégration nationale des procédés de modélisation et des bases de données pertinentes existants. Il existe déjà des cartes à l'échelle nationale pour la PPN et la PNE. Une partie du défi est de lier les inventaires forestiers nationaux aux inventaires des provinces et des industries et à d'autres bases de données pertinentes, pour permettre une interprétation opérationnelle précise sur le terrain des stocks et des flux de carbone. Les priorités en matière de recherche sont :

- ≡ obtenir des données additionnelles pour valider la performance des modèles de stock/flux de carbone au niveau du biome dans l'estimation de la PPN, PNE et PBN dans des conditions climatiques changeantes, particulièrement celles des concentrations de CO<sub>2</sub>. Les bases de données spéciales produites via Ameriflux, Fluxnet (réseaux internationaux de stations de surveillance du flux de CO<sub>2</sub> et de vapeur d'eau dans l'écosystème), les expériences FACE et BOREAS sont d'importantes sources de telles données, mais leur valeur serait considérablement améliorée par de l'information complémentaire sur le sol, l'hydrologie et la physiologie de l'arbre;



- ≡ l'élaboration et l'utilisation de procédures numériques de rehaussement pour projeter et interpoler les conditions climatiques et météorologiques à partir des enregistrements météorologiques existants (réels ou modélisés) dans tout le pays et pour la plus longue période possible.

## 5.2.4 Conclusions, recommandations et prochaines étapes

En conclusion, la Table juge qu'un système national de mesure et de déclaration des changements dans les stocks de carbone au Canada doit :

- ≡ être un système modulaire dont le rôle principal est de fournir un cadre pour la compilation, la synthèse et l'analyse des données;
- ≡ servir de centrale de stockage des données, qui compile l'information primaire de l'inventaire;
- ≡ fournir une structure de base de données pour stocker les valeurs projetées des estimations des stocks de carbone pour le passé et l'avenir;
- ≡ tabler sur le vaste ensemble de données et de connaissances développées en vue de l'aménagement forestier, y compris les inventaires forestiers, les modèles de croissance et de rendement, et les modèles de planification au niveau du paysage;
- ≡ élaborer et tenir à jour les méthodes et les bases de données requises pour les analyses des changements dans les stocks de carbone, y compris les facteurs d'expansion de la biomasse, l'estimation de la biomasse racinaire et la dynamique de la matière organique morte;
- ≡ élaborer et tenir à jour des modèles de la dynamique du carbone aux niveaux du peuplement et du paysage, avec lesquels estimer les changements dans les stocks de carbone pour les zones incluses dans l'inventaire primaire, y compris la dynamique du carbone sous l'influence des perturbations naturelles et humaines et du changement climatique;
- ≡ coordonner le processus et la recherche nécessaires pour améliorer les données et les modèles requis pour la déclaration des stocks de carbone.

**Recommandation 5.1 : qu'un comité directeur composé de représentants des gouvernements et d'intervenants soit mis sur pied, doté de l'engagement et du financement adéquats, et chargé de mener à bien la mise en œuvre du système de comptabilisation du carbone dans les forêts. Ce comité devrait veiller à ce que le système de déclaration emploie des méthodes et des modèles qui répondent aux exigences du processus de vérification, une fois défini par les négociations internationales.**

Un rôle très important du comité directeur en ce qui a trait au système national de déclaration du carbone devrait être la coordination et la synthèse des activités en cours, la collecte des données et l'élaboration de systèmes d'information.

Les paragraphes ci-dessous décrivent un certain nombre d'études et de tâches clés qui devraient être entreprises à titre de suivi afin de répondre aux besoins du Canada en matière de mesure, de surveillance et de déclaration :

- ≡ On devrait recourir à l'analyse du système pour identifier les éléments de données qui contribuent à la plus grande incertitude en ce qui a trait au flux de carbone total attribuable aux activités RBD afin de déterminer les priorités en matière de données, de recherche et de développement méthodologique (p. ex. quelles activités RBD nécessitent la plus étroite surveillance; quels bassins de carbone nécessitent les estimations les plus raffinées).
- ≡ À la lumière des résultats de cet exercice d'établissement des priorités, il faudrait mettre sur pied un système de suivi de la forêt de Kyoto à référence spatiale. Plus tôt on le fera, moins il faudra reconstituer les conditions passées et les événements survenus depuis 1990.
- ≡ Il faut reconnaître que l'INF répondra à certains des besoins en matière de déclaration, mais pas à tous. Il serait possible d'augmenter considérablement l'utilité de l'INF grâce à certaines modifications :
  - i) inclure l'information sur les débris de bois grossiers et le carbone dans le sol;
  - ii) accroître la densité de l'échantillonnage et la fréquence de remesurage dans les zones critiques (c.-à-d. dans les zones à d'intenses activités de RBD);

- iii) officialiser le rapport entre l'INF et le système de mesure et de déclaration du carbone.
- ≡ Il faudrait établir un cadre de comptabilisation spatialement explicite qui puisse s'appliquer de façon uniforme dans tout le pays et être utilisé avec divers formats de données (c.-à-d. les provinces ou les sociétés forestières peuvent l'appliquer et l'alimenter de leurs propres données). Il faudrait veiller à ce qu'il soit appuyé et documenté, et qu'il permette une récapitulation nationale des résultats.
- ≡ Il faudrait élaborer, tester et démontrer des méthodes de télédétection des changements d'affectation des terres.
- ≡ Il faudrait recueillir et compiler des données sur la litière et autres apports de gros résidus végétaux aux réservoirs de matières organiques mortes dans les placettes d'échantillonnage permanentes. Il faudrait élaborer et compiler des données sur les taux de décomposition dans divers types d'écosystème au Canada. Il faudrait maintenir des liens entre les bases de données sur les paramètres de la litière et la matière organique morte et le système national de déclaration du carbone.
- ≡ Il faudrait accorder une attention spéciale aux impacts de l'historique du peuplement sur la taille des réservoirs de matière organique morte, qui seront très différents dans les peuplements qui ont déjà été touchés par la coupe du bois et dans ceux touchés par la faune ou les insectes. Il faut élaborer des méthodes et de l'information d'inventaire pour aider à déterminer l'historique d'un peuplement et les quantités correspondantes de matière organique morte dans les écosystèmes forestiers pour tout le Canada.
- ≡ Il est plus facile d'élaborer un système national de déclaration du carbone lorsque ce dernier table sur l'ensemble des connaissances scientifiques établies dans le domaine de la modélisation de la croissance et du rendement au Canada. Même si on reconnaît que la plupart des modèles de la croissance et du rendement ont une capacité limitée à réagir aux changements des conditions de croissance attribuables à un changement planétaire, ces modèles font la synthèse d'un grand nombre de mesures réelles des conditions des peuplements et de leur changement dans le temps par rapport aux écosystèmes dans tout le pays.
- ≡ Pour traiter la question du changement planétaire, certains des modèles de la dynamique de l'écosystème employés dans les analyses des changements des stocks de carbone devraient être des modèles des processus qui simulent la dynamique de l'écosystème, à partir des conditions propres au site et des conditions climatiques.
- ≡ Il faudrait un ou plusieurs modèles de la dynamique du carbone au niveau du paysage pour intégrer la dynamique du carbone d'un grand nombre d'écosystèmes, puisqu'elle est fonction de la croissance, des perturbations naturelles et des activités d'aménagement forestier.
- ≡ Le modèle du bilan du carbone du Secteur canadien des forêts peut être utilisé dans les analyses de sensibilité afin de déterminer les besoins en recherche prioritaire et faire des analyses préliminaires des stocks passés et futurs de carbone dans les écosystèmes forestiers du Canada.

## 5.3 Stocks de carbone dans les sols agricoles

### 5.3.1 Introduction

L'acceptation des sols agricoles comme puits de carbone dans le Protocole de Kyoto est subordonnée à l'élaboration d'un cadre vérifiable de mesure et de surveillance permettant une détermination précise des changements nets du stockage du carbone dans les sols agricoles. En effet, si on inclut les sols dans le Protocole, il faudra très probablement disposer d'une estimation du changement des stocks de carbone dans les sols entre 2008 et 2012.

De plus, pour les rapports à la Convention-cadre, conformément aux lignes directrices du GIEC pour les Inventaires nationaux sur les gaz à effet de serre, des estimations annuelles des flux de CO<sub>2</sub> doivent être faites pour les sols agricoles. Dans le cadre de son inventaire annuel des émissions et des absorptions de gaz à effet de serre, le Canada a rendu publics les résultats du modèle CENTURY (Neitzert *et al.*, 1999, sous presse). Un cadre de mesure et de surveillance basé sur des systèmes documentés d'affectation des terres et des estimations exactes des stocks de

carbone dans les sols permettra une détermination des changements nets du stockage du carbone dans les sols plus précise que celle mise de l'avant pour la déclaration à la CCCC.

Les principaux défis de l'élaboration d'un système vérifiable et transparent pour l'estimation des émissions et des absorptions de dioxyde de carbone dans les sols agricoles sont : la grande variabilité inhérente du carbone du sol; l'incertitude quant à la façon dont les changements d'affectation des sols influent sur les concentrations de carbone dans le sol; les difficultés associées à la mise à l'échelle des estimations locales de la séquestration du carbone jusqu'au niveau national.

La Saskatchewan est l'hôte d'un projet pilote d'un système de quantification et de vérification des changements des stocks de carbone dans le sol attribuables à l'adoption d'un système de culture sans labour impliquant la participation d'un groupe de fermiers et d'une équipe de scientifiques. La méthode, qui consiste à mesurer, avec le temps, le changement de carbone dans le sol sur une même parcelle appartenant à un réseau de 150 de champs marqués, a été conçue pour essayer de minimiser la variabilité du carbone du sol (McConkey et Lindwall, 1999).

### **5.3.2 Options pour un système national de mesure, de surveillance et de vérification**

La Table des puits a commandé une étude qui a évalué les éléments d'un système de mesure, de surveillance et de vérification des changements dans les stocks de carbone du sol (Jacques Whitford et University of Saskatchewan, 1999). Les principaux éléments que doit présenter un cadre de surveillance et de mesure pour fournir des estimations vérifiables des changements du carbone dans le sol sont présentés à la figure 5.2. Le cadre de mesure et de surveillance est composé de quatre éléments principaux : des outils de prévision; des données sur l'affectation et la gestion des sols; une base de données sur les sols et le climat; des techniques de mise à l'échelle. Pour chacun de ces éléments, plusieurs options ont été évaluées et elles sont résumées ci-dessous.

#### **5.3.2.1 Résumé des options**

##### ***Outils de prévision***

Les modèles de matière organique du sol (MOS) et d'autres outils de prévision sont basés sur notre meilleure compréhension de la dynamique du carbone du sol. En termes de cadre pour l'estimation et la vérification des changements des stocks de carbone dans les sols agricoles attribuables à la gestion, les outils de prévision fournissent des estimations ponctuelles ou à l'échelle de la parcelle pour des climats et des types de sols pour lesquels il n'existe aucune mesure directe sur le terrain. Ces modèles peuvent servir à extrapoler le changement de COS pour diverses pratiques de gestion dans l'avenir. Les options en matière d'outils de prévision sont :

- ≡ Le modèle MOS CENTURY.
- ≡ Un modèle complexe du cycle plante-sol-substances nutritives qui a été utilisé pour simuler la dynamique du carbone et des substances nutritives pour différents écosystèmes.
- ≡ D'autres modèles de processus.
- ≡ Il y a divers autres modèles de degrés de complexité variée, allant de modèles empiriques simples à des modèles plus complexes basés sur le processus (p. ex. DAISY, ROTH, DNDC et CANDY).
- ≡ Un système fondé sur des règles.
- ≡ Les systèmes fondés sur des règles ont été beaucoup utilisés dans de nombreuses applications agricoles et consistent en une série de règles et de conditions qui permettent de prévoir les changements de COS pour des combinaisons d'affectations des terres, de sols et de climats.
- ≡ Un modèle complémentaire.
- ≡ Une combinaison des fonctions d'un modèle de processus et d'un système fondé sur les règles.

##### ***Données sur l'affectation et la gestion des terres***

Les données sur l'affectation et la gestion des terres fournissent des estimations des changements dans les pratiques de gestion agricoles qui, lorsqu'elles sont reliées à une base de données sur les sols et le climat, fournissent les données d'entrée nécessaires aux outils de prévision pour produire des estimations précises du changement des stocks

de carbone dans le sol. On pourrait obtenir les données sur l'affectation et la gestion des terres à partir de plusieurs sources :

- ≡ **Données sur le recensement de Statistique Canada**  
Tous les cinq ans, Statistique Canada, par le biais de son Recensement agricole, recueille une variété de données liées à l'affectation des terres agricoles. Les principaux paramètres de ce recensement qui concernent la séquestration du carbone sont : la superficie totale de la ferme; les données sur les superficies soumises à la culture conventionnelle, de conservation et sans labour; les principales cultures; la superficie en jachère, pâturage et autres terres de la ferme.
- ≡ **Statistiques agricoles provinciales et municipales**  
À certains endroits, des statistiques sur l'affectation et la gestion des terres sont recueillies par le gouvernement provincial et les administrations municipales. Le cas échéant, les données provinciales peuvent être utilisées pour évaluer les changements de l'affectation des terres au cours de la période d'engagement.
- ≡ **Données provinciales de l'assurance-récolte**  
Les agences provinciales responsables de l'assurance-récolte recueillent une quantité limitée de statistiques agricoles pour les superficies qu'elles assurent. Les données provinciales d'assurance-récolte utiles sont la superficie cultivée et le type de récolte.
- ≡ **Télédétection**  
Des outils de télédétection, comme l'imagerie LandSat TM, pourraient servir à mesurer les changements de l'affectation des terres durant la période d'engagement, par le biais d'une analyse de l'imagerie LandSat au début et à la fin de la période.
- ≡ **Dépistage sur le terrain**  
Les données sur l'affectation et la gestion des terres pourraient être obtenues par le biais d'un programme de dépistage sur le terrain, conçu pour mesurer les changements de l'affectation et de la gestion des terres, à partir d'un échantillon représentatif de fermes pour chaque grande région agricole du pays.
- ≡ **Déclaration directe**  
L'information sur l'affectation et la gestion des terres peut être obtenue avec un système par lequel les agriculteurs signalent les changements de l'affectation et la gestion des terres. Ce ne serait probablement appliqué que dans le cadre d'un système d'échange des crédits de carbone au niveau de la ferme.

#### ***Données sur les sols et le climat***

Les données régionales sur les sols et le climat feront partie intégrante de tout cadre de mesure, de surveillance et de vérification des changements dans les stocks de carbone du sol. Ces données seront utilisées pour calculer les stocks actuels de COS et fournir des variables d'entrée pour les simulations du modèle. Les options pour les données sur les sols et le climat sont :

- ≡ **Base de données des pédo-paysages du Canada (PPC)**  
La série de cartes PPC résume les données sur les sols et la topographie à l'échelle de 1:1 000 000 pour tout le pays.
- ≡ **Cartes pédologiques provinciales**  
Au cours des 50 dernières années, toutes les provinces ont entrepris un programme de levés des sols et cartographié 90 % des terres agricoles au Canada. L'échelle de la cartographie et les attributs associés à chaque unité cartographique varient considérablement d'une province à l'autre.
- ≡ **Données provenant des laboratoires provinciaux d'analyse des sols**  
Les laboratoires provinciaux et privés d'analyse des sols agricoles du Canada mesurent annuellement la concentration de carbone dans des milliers d'échantillons de sol et ont, dans bien des cas, monté d'importantes archives de ces données au cours des dix dernières années.

### **Mise à l'échelle**

Déterminer les changements dans les stocks de COS à un niveau régional ou national nécessitera la mise à l'échelle des prévisions de carbone du sol obtenues à l'aide d'un modèle propre au site. Les techniques appropriées de mise à l'échelle de ces estimations dépendent de l'échelle qui a servi aux estimations régionales. Les options de mise à l'échelle sont :

#### ≡ Mise à l'échelle des estimations provenant des polygones de PPC

Dans le cas où les unités de cartes pédologiques provinciales ou les polygones des pédo-paysages du Canada sont les unités de base de l'exploitation du modèle, on utilise une valeur moyenne pour chaque paramètre d'entrée du modèle (COS, texture, etc.) pour obtenir un changement de la masse de carbone du sol pour ce polygone. On obtient les estimations régionales et nationales des changements du carbone du sol en faisant la somme des valeurs de tous les polygones de la région ou du pays.

#### ≡ Mise à l'échelle des estimations provenant des éléments de paysage

Dans un paysage accidenté, un grand nombre des principales variables varieront considérablement avec le relief à l'intérieur de l'unité de carte pédologique ou du polygone de PPC. Ainsi, il convient d'utiliser les positions du paysage basées sur la topographie comme unité spatiale pour le processus de modélisation et de mise à l'échelle. Dans cette option, un polygone est divisé en unités de paysage. Dans le cas des polygones de PPC de l'Ouest canadien, la distribution des types de paysage peut se faire à partir des cartes pédologiques provinciales existantes.

### **Options en matière de vérification**

Dans le contexte d'un cadre de mesure et de surveillance des changements du carbone du sol, la vérification consiste à s'assurer que les résultats du cadre (c.-à-d. les estimations nationales de la séquestration du carbone) sont précis et qu'ils respectent les critères de certitude établis. On a défini deux options pour la vérification du cadre proposé de mesure et de surveillance pour les stocks de carbone du sol :

#### ≡ Une vérification « basée sur la performance »

Une vérification basée sur la performance consisterait à démontrer que les résultats du modèle de changement de la séquestration du COS sont conformes aux observations sur le terrain, à un degré donné de certitude statistique. Cela comprendrait un programme intensif d'échantillonnage, où les estimations du changement du carbone dans le sol sont confirmées par le biais de mesures directes, à l'aide d'un échantillon suffisamment important et statistiquement valide.

#### ≡ Une vérification « basée sur le système »

Un concept clé pour la compréhension d'une approche basée sur les systèmes est le fait que les résultats (estimation nationale des changements du carbone du sol) du système sont valides si on peut démontrer que chacun des éléments constitutifs du système mis à l'échelle (c.-à-d. l'outil de prévision, la base de données sur les sols, le climat et l'affectation des terres) est valide et peut être vérifié. Autrement dit, la validité du tout est égale à la validité de la somme de ses parties. Avec l'approche basée sur les systèmes, l'accent passe de la précision des estimations nationales de la séquestration du carbone à la précision et à l'intégralité des parties constituantes du cadre de mesure et de surveillance. Certains membres de la Table ont cependant fait remarquer qu'il y aura probablement toujours des intervenants, des scientifiques ou des gouvernements d'autres pays qui ne seront toujours pas convaincus de la validité de la vérification basée sur les systèmes, si elle n'est pas étayée par des données de référence concrètes.

### **5.3.2.2 Options recommandées**

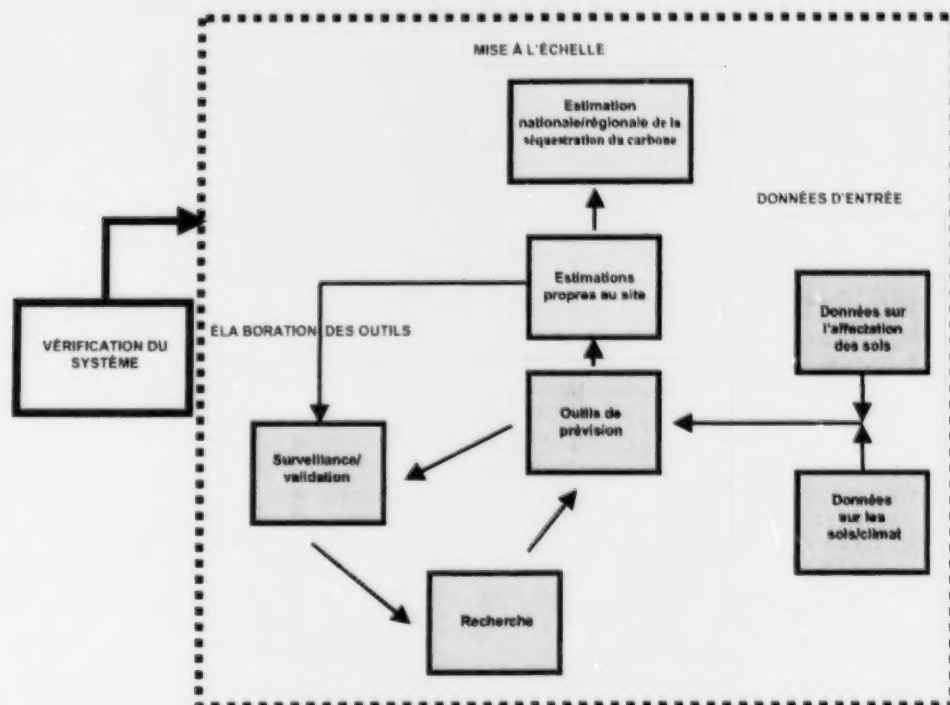
Les options préférées ont été choisies en fonction des critères suivants :

#### ≡ contribution probable à un cadre précis et vérifiable;



- lacunes des données pour chaque option et déficiences de la recherche;
- capacité probable à répondre aux besoins en données et en recherche avant le début de la période d'engagement;
- applicabilité à tout le territoire agricole du Canada.

Figure 5.2 : Cadre de surveillance et de mesure des stocks de carbone du sol



**Option préférée : Outil de prévision**

Un modèle combiné constitué du modèle CENTURY et d'un système basé sur les règles serait l'outil de prévision le plus facile à gérer et à vérifier. Même s'il existe plusieurs modèles de processus, l'avantage prédominant du modèle CENTURY est le fait qu'il est accepté dans le monde entier, l'étendue des recherches qui ont mené à son développement, et sa modélisation des agro-écosystèmes de prairies et d'herbages. La recommandation de choisir CENTURY et un système basé sur les règles est fondée sur l'information disponible au moment de la rédaction du présent rapport. On mettra probablement au point d'autres modèles basés sur les processus qui seront supérieurs à CENTURY; l'évaluation et l'élaboration permanentes des modèles constituent donc une partie explicite du cadre proposé (voir également la section 5.3.4).

**Option préférée : Données sur l'affectation et la gestion des terres**

La meilleure façon de respecter les exigences du cadre en matière d'affectation et de gestion des terres est d'adopter une combinaison de données de recensement et de télédétection, appuyées et vérifiées par le biais d'un programme de dépistage sur le terrain. Une clause importante de cette recommandation est que les données recueillies durant le recensement agricole doivent être raffinées afin de répondre aux besoins du cadre, notamment celui d'ajuster les dates du recensement pour qu'elles correspondent au début et à la fin des périodes d'engagement. Si cela n'est pas possible, il faudra alors se fier davantage à la télédétection et au dépistage sur le terrain.

**Option préférée : Données sur les sols et le climat**

La base de données pédologiques la plus appropriée doit équilibrer le besoin de précision et de vérifiabilité des données, d'une part, avec le besoin d'avoir un nombre gérable d'unités pédologiques discrètes, d'autre part, de sorte que les exercices de modélisation et de mise à l'échelle ne coûtent pas trop cher et ne prennent pas trop de temps. À ce sujet, la base de données de Pédopaysages du Canada est la source recommandée pour les données pédologiques, bien que des travaux considérables soient encore nécessaires afin de combler les lacunes et d'améliorer les données existantes. On croit que les données provenant des laboratoires provinciaux d'analyse des sols pourraient servir à combler certaines lacunes, bien qu'il faille en examiner plus avant la pertinence et l'accessibilité.

**Option préférée : Mise à l'échelle**

Même si la mise à l'échelle à partir d'éléments du paysage donne des estimations plus représentatives des changements du COS pour chaque polygone de PPC, la précision de la méthode dépend de la qualité de la base de données pédologiques provinciale. Seul un faible pourcentage de l'information provenant de cartes pédologiques provinciales de tout le Canada est de qualité satisfaisante et suffisamment détaillée pour permettre d'utiliser les éléments du paysage comme base de la mise à l'échelle des polygones de PPC; c'est pourquoi on recommande l'utilisation d'une moyenne pondérée des paramètres pédologiques dans un polygone de PPC comme apport à l'outil de prévision. Même si la base de données du PPC représente la meilleure option en ce qui a trait aux données pédologiques, les techniques visant à lier les données du PPC à celles du recensement doivent être élaborées davantage. On a fait la somme nationale des changements du carbone dans le sol, évalués à l'aide des outils de prévision pour chaque polygone.

**Option préférée : Vérification**

Une approche « basée sur les systèmes » est le système de vérification préféré étant donné qu'il sera impossible ou peu pratique de vérifier les changements dans le carbone des sols à l'aide d'une méthode de mesure directe (c.-à-d. par le biais de la vérification de la performance du cadre) en raison de la variabilité spatiale inhérente des concentrations de carbone du sol et de la courte durée de la période d'engagement (5 ans). Avec l'approche basée sur les systèmes, l'accent d'un programme de vérification passe de la précision des estimations nationales de la séquestration du carbone à la précision et à l'intégralité des composantes du cadre de mesure et de surveillance.

La vérification basée sur les systèmes aurait une composante de vérification « interne » et une « externe ». La vérification interne comprend l'inspection et la vérification itératives de chaque élément du cadre (outils de prévision, données sur les sols et le climat, données sur l'affectation des terres, etc.) au cours de son élaboration et de sa mise en œuvre. La vérification externe concerne l'évaluation du système dans son ensemble. Elle comprendrait une

évaluation faite par une tierce partie de la façon dont le cadre atteint ses objectifs établis, notamment fournir une mesure précise et fiable de la séquestration du carbone dans le sol durant la période d'engagement.

On propose d'adopter l'approche des systèmes de gestion pour la vérification externe du système de gestion. Une telle approche constitue une méthodologie bien définie pour la planification, la mise en œuvre et la vérification de la performance d'un système. Elle a été appliquée à de nombreux problèmes de gestion environnementale, et elle constitue la base des systèmes ISO 9000 et ISO 14000 de gestion de la qualité. La vérification externe des estimations nationales de la séquestration du carbone au Canada consistera en une vérification du système de gestion par un vérificateur externe. Cette vérification comprendra la collecte systématique de preuves objectives de la mise en œuvre des plans et procédures pour la mesure et la surveillance des changements du COS. La vérification des estimations nationales dépendra du degré auquel on pourra démontrer que tous les éléments du système ont été élaborés et vérifiés dans le cadre d'un système rigoureux de vérification et d'amélioration.

### 5.3.3 Estimations préliminaires des coûts

L'évaluation des diverses options du cadre comprenait l'identification des défauts, des obstacles et des conditions préalables à la mise en œuvre, y compris les données manquantes, les besoins en recherche et les coûts. Le plus important coût estimé de l'élaboration et de la mise en œuvre du cadre de mesure et de surveillance sera associé à la mise au point d'un système basé sur les règles et le raffinement du modèle CENTURY (estimés à 8,42 millions de dollars). Cette tâche nécessitera des recherches intensives afin de régler les problèmes des données manquantes en ce qui a trait à la méthode utilisée pour : évaluer le potentiel maximum de stockage du carbone; étalonner un système basé sur les règles; quantifier l'incertitude au niveau de la capacité de prévision du modèle; améliorer les connaissances des apports en carbone dans les agro-écosystèmes et les écosystèmes adjacents où le modèle CENTURY pourrait donner de piètres résultats.

La collecte de données sur l'affectation et la gestion des terres, et des modifications au recensement, comme une meilleure couverture dans l'est du Canada et de meilleures données sur les pratiques agricoles et les rotations, seront nécessaires pour intégrer les données du recensement dans le cadre. Il faudra faire d'autres recherches pour : améliorer les liens entre les données de recensement et la base de données de PPC; raffiner la capacité de LandSat à identifier les changements des pratiques de travail du sol; déterminer le degré d'échantillonnage requis pour une vérification sur le terrain des changements de l'affectation et de la gestion des terres. Les coûts totaux associés à la mise au point des données requises sur l'affectation et la gestion des terres sont évalués à environ 0,34 million de dollars.

Le plus grand défi en ce qui a trait à la collecte de données sur les sols et le climat sera d'améliorer les données sur les sols et de combler les lacunes du volet pédologique de la base de données de PPC. Les coûts totaux associés à l'amélioration des données sur les sols et le climat sont évalués à environ 0,65 million de dollars. La mise à l'échelle des estimations propres au site avec un niveau de confiance de 20 % nécessitera de plus amples recherches afin de déterminer la propagation de l'erreur. Ces recherches devraient durer deux ans et coûter environ 0,08 million de dollars.

La mise en œuvre du cadre impliquera des changements de modélisation des concentrations de carbone du sol, la collecte des données LandSat, la mise en œuvre d'un programme de dépistage sur le terrain et la collecte des données du recensement durant la période d'engagement. Les coûts de cet exercice sont évalués à 4,37 millions de dollars pour la première période d'engagement, et à environ 3,8 millions pour les suivantes, étant donné que les données de la fin d'une période d'engagement serviront pour le début de la suivante. Ainsi, le coût estimatif préliminaire de l'élaboration et de la mise en œuvre de tout le cadre est de 12 millions de dollars entre 2000 et la fin de la première période d'engagement en 2012. Il faut rappeler que cette estimation est très préliminaire et qu'il est un illusoire à ce moment-ci de donner une estimation des coûts, vu l'absence d'information.

### 5.3.4 Priorités en matière de recherche

Le principal objectif à long terme de la recherche sur les processus du carbone dans les sols agricoles pour la mise en œuvre du Protocole de Kyoto est d'améliorer les modèles de prévision (comme CENTURY) qui peuvent être utilisés pour prévoir, d'une façon acceptable et vérifiable à l'échelle internationale, les changements comparativement petits du stockage du carbone du sol (par rapport à la quantité totale dans le sol) dans les agro-écosystèmes, qui pourraient

résulter de changements dans la gestion des sols et du changement planétaire. Plusieurs importantes initiatives sont nécessaires pour mener à bien cette tâche exigeante. Parmi les programmes hautement prioritaires qui peuvent donner des résultats significatifs au cours des deux à cinq prochaines années :

- ≡ trouver des méthodes qui évaluent le potentiel maximum de stockage du carbone pour chaque combinaison sol/climat/gestion, et déterminer l'état actuel des sols relativement à ce potentiel de puits;
- ≡ améliorer notre compréhension du rôle de l'effet de l'érosion sur le stockage du COS dans les terres agricoles, et les outils pour le mesurer, et de l'effet du sol érodé et des substances nutritives sur les écosystèmes adjacents (milieux humides et zones riveraines) dans un paysage dominé par l'agriculture;
- ≡ déterminer, pour certains systèmes conservant le carbone (p. ex. la culture sans labour), l'effet global net sur le forçage radiatif dans l'atmosphère (comptabilisation du cycle complet) en mettant l'accent sur la consommation d'énergie, le coût de l'énergie des facteurs de production, comme les engrais, et les impacts nets sur les émissions des autres gaz à effet de serre, notamment les oxydes d'azote;
- ≡ mesurer les flux de CO<sub>2</sub> de certains agro-écosystèmes représentatifs, comme la vérification des estimations régionales issues des modèles;
- ≡ améliorer nos évaluations et notre compréhension des apports en carbone dans différents agro-écosystèmes, particulièrement : apports souterrains, comme les racines et les exsudats de racines, et la rétention du carbone déjà stocké dans le fumier et dans les biosolides épandus sur les sols.

De plus, plusieurs programmes prioritaires nécessitent un investissement à long terme (une dizaine d'années) pour obtenir les résultats escomptés :

- ≡ établir une série d'études à long terme avec traceur, représentatives des grandes régions pédologiques/climatiques, pour évaluer la dynamique du carbone dans les systèmes agronomiques dominants, souvent développés récemment ou en développement — particulièrement ceux qui sont jugés avoir un potentiel de séquestration du carbone. Ces études, établies et maintenues dans tout le Canada, seraient d'une grande valeur pour raffiner et vérifier les modèles informatiques qui prévoient les changements du COS;
- ≡ mettre au point et raffiner davantage les modèles de simulation pour le carbone du sol, spécialement pour : améliorer la sensibilité des modèles pour prévoir les changements à court terme des stocks en réaction à la gestion; utiliser des fractions de carbone mesurables plutôt que des bassins conceptuels; améliorer l'uniformité et la précision de l'initialisation des modèles; tester la fiabilité des modèles pour évaluer les changements des flux de SOC et de CO<sub>2</sub>. Outre les modèles complets utilisés en recherche, il faut mettre au point des versions simplifiées faciles à comprendre par le profane, et fondées sur des variables faciles à obtenir, et qui pourraient s'appliquer à d'autres pays.

### 5.3.5 Recommandations et prochaines étapes

L'élaboration du cadre de mesure et de surveillance proposé présenté à la section 5.3.2.2 impliquerait probablement la participation des chercheurs de tout le Canada, y compris ceux des gouvernements fédéral et provinciaux, et de diverses universités, aux programmes de recherche pertinents. Étant donné l'urgence d'élaborer et de mettre en œuvre ce cadre avant le début de la période d'engagement, il est essentiel que les rôles et responsabilités soient établis le plus tôt possible. Il faut établir les procédures nécessaires pour chaque élément des systèmes de mesure et de surveillance. Il faut fournir aux examinateurs externes un protocole documenté pour évaluer l'efficacité et le degré de mise en œuvre précisés dans le plan de vérification basé sur le système.

**Recommandation 5.2 : qu'un comité directeur composé de représentants des gouvernements et d'intervenants soit mis sur pied, doté de l'engagement et du financement adéquats, et chargé de coordonner l'élaboration et la mise en œuvre du cadre de mesure, de surveillance et de vérification des stocks de carbone dans les sols agricoles.**

Pour pouvoir élaborer et mettre en œuvre le cadre proposé de surveillance et de mesure, il faut d'abord mener à bien quatre grandes tâches avant la période d'engagement. La première étape est la mise au point de l'outil de prévision. La deuxième, qui se fait en même temps que la première, est la mise sur pied de la base de données sur les sols et le climat. La troisième est l'élaboration et la vérification de la méthodologie nécessaire pour mesurer l'affectation et la gestion des terres avant la période d'engagement, de sorte que les données sur l'affectation réelle des terres soient



recueillies au début de la période d'engagement. Enfin, le raffinement et la vérification de la technique de mise à l'échelle des estimations propres au site sont effectués, mais pas avant que les outils de prévision, la base de données sur les sols et les bases de données sur l'affectation des terres soient bien avancés. Étant donné toute l'incertitude associée à la technique de mise à l'échelle, l'élaboration et l'évaluation de toutes les options en matière de mise à l'échelle devraient commencer tôt dans la mise en œuvre.

## 6. CONSERVATION DES MILIEUX HUMIDES

### 6.1 Introduction

Le document de base de la Table des puits (Table des puits, 1998) a proposé les milieux humides comme puits de carbone possibles dans le Protocole de Kyoto. Le Protocole ne reconnaît actuellement ni les sols agricoles ni les milieux humides comme puits de carbone, mais le Canada soutient que les stocks forestiers de carbone comprennent à la fois la biomasse aérienne et la biomasse souterraine et le carbone du sol, et qu'on devrait inclure le carbone des sols agricoles. Les milieux humides couvrent environ 14 % de la superficie terrestre du Canada et contiennent plus de 150 Gt de carbone, environ 60 % du stock de carbone du Canada. Étant donné que les milieux humides sont d'importantes composantes des paysages forestiers et agricoles, on pourrait s'attendre à ce que le carbone du sol, mentionné dans le Protocole de Kyoto, comprenne également les milieux humides, si la gestion des sols agricoles est reconnue comme une catégorie de puits dont il faut tenir compte et/ou si les stocks de carbone comprennent le bassin des sols.

Après la publication du document de base en novembre 1998, les puits de carbone des milieux humides ont fait l'objet d'autres ateliers et études, dont :

- ≡ L'atelier du Fonds d'action pour le changement climatique (FACC) sur les processus des flux de carbone dans les écosystèmes terrestres, Downsview, 18-19 janvier 1999.
- ≡ L'étude de faisabilité sur les milieux humides et le changement climatique (Patterson, 1999).
- ≡ L'atelier sur la séquestration du carbone dans les milieux humides des Prairies, Oak Hammock, 19-20 avril 1999.

Les milieux humides sont, de bien des façons, un paradoxe du développement durable et du changement climatique. Contrairement aux industries forestières et agricoles d'importance internationale, les milieux humides ne produisent pas de biens qui soient actuellement un facteur dans l'économie de marché; les politiques économiques et publiques ont donc eu tendance à en faire un paysage oublié. Les milieux humides ont toujours été considérés comme des terres incultes, c'est pourquoi les efforts en vue de leur conservation ont dû lutter contre le courant du développement économique. Cette situation contraste nettement avec les avantages d'écosystème fonctionnel offerts par les milieux humides (p. ex. la prévention des inondations, la recharge de la nappe souterraine, l'assimilation des substances nutritives, la dégradation et le stockage des substances chimiques toxiques et les habitats fauniques, entre autres), qui se trouvent au haut de toute échelle d'externalisation des valeurs économiques ou écologiques (Costanza *et al.*, 1997).

La définition des milieux humides, ainsi que leur distribution et leur abondance au Canada, sont décrites dans le Document de base de la Table des puits. À titre de gardien de plus de 24 % de tous les milieux humides au monde, le Canada est responsable de leur conservation et de leur utilisation durable. La majeure partie des tourbières du nord du Canada ne sont pas touchées par l'homme. Les milieux humides du sud ont cependant subi les plus importants impacts humains; c'est pourquoi le présent rapport leur accorde autant d'attention et qu'elles sont visées par la Convention-cadre.

Même si la définition généralement acceptée du terme « milieu humide » est un bon point de départ, toute considération des puits et des sources de carbone est fonction des pratiques d'affectation des terres et des programmes de conservation des milieux humides — ou, dans les termes du Protocole, de l'affectation des terres et des changements de cette affectation provoqués par l'homme. La conservation des milieux humides, dont des programmes conjoints (PC) en matière d'habitat du Plan nord-américain de gestion de la sauvagine (PNAGS) constituent un bon exemple, est une entreprise à l'échelle du paysage, qui couvre à la fois les bassins des milieux humides, les zones limitrophes ou zones riveraines et les zones sèches connexes (Patterson, 1994). Par le biais de partenariats volontaires, non réglementaires, avec les propriétaires et les gestionnaires fonciers, les PC du PNAGS sont universellement reconnus comme des démonstrations de développement durable des ressources du paysage (Tychniewicz et Wilson, 1994). À titre d'élément à valeur ajoutée de l'agriculture et de la foresterie durables, la conservation des milieux humides offre aux gestionnaires fonciers des options gagnantes en tous points en matière d'affectation des terres.

Les milieux humides possèdent la plus grande densité de carbone de tous les écosystèmes terrestres. Ils sont parmi les écosystèmes les plus productifs du monde, et ont des propriétés qui réduisent le taux de renouvellement de la matière

organique. Les écosystèmes palustres sont donc caractérisés par les deux principaux facteurs régissant la séquestration du carbone : taux élevés d'apport en matière organique et taux de décomposition réduits. Il est tout à fait possible de gérer cette capacité de façon à améliorer la séquestration du carbone tout en maintenant d'autres fonctions précieuses de l'écosystème (USDOE, 1999). La reconnaissance des milieux humides dans le Protocole de Kyoto augmenterait considérablement leur conservation et leur utilisation durable, et inclurait dans l'accord une vision plus complète des puits même si, comme on pourra le voir, il manque des données importantes sur les sources et les puits.

En réponse aux guerres commerciales internationales qui ont sévi dans les années 80 et au début des années 90, des subventions substantielles ont été accordées aux producteurs de céréales et d'oléagineux pour leur permettre de rester concurrentiels sur les marchés mondiaux. Tous s'accordent à dire qu'un effet inattendu et pervers de ces subventions a été d'appuyer la conversion de terres marginales et de milieux humides en terres agricoles, particulièrement dans les Prairies et prairies-parcs (Patterson, 1993). Les prairies-parcs sont la zone de transition entre les Prairies et la forêt boréale. L'élimination définitive des subventions à l'agriculture dans le Budget fédéral de 1995 a aussi mis fin aux distorsions qu'elles avaient causées au niveau du marché et de l'affectation des terres. Les terres marginales et les milieux humides qui ont été convertis durant les années de subventions sont très importantes pour la gestion de la séquestration du carbone dans les sols agricoles. Heureusement, dans un monde exempt de subventions, l'agriculture durable, les cultures couvre-sol, la conservation des milieux humides et les programmes de séquestration du carbone offrent de grandes possibilités d'effacer ces pertes.

Le but du présent chapitre est de montrer ce qui fait d'un milieu humide un puits ou une source, comment ce phénomène est influencé par l'utilisation des terres par l'homme et les changements apportés à cette utilisation dans les paysages agricoles et forestiers et, enfin, de souligner la possibilité de réduction des émissions et d'amélioration des puits. Les sous-sections scientifiques de ce chapitre porteront sur le cycle naturel des gaz à effet de serre dans les milieux humides, les éléments qui influent sur ce cycle naturel et les techniques possibles de mesure et de surveillance. Les « options » de gestion extraites du présent document seront fondées sur les milieux humides qui se trouvent dans les paysages touchés par la foresterie et l'agriculture, dont la majeure partie se trouvent dans la région des Prairies et prairies-parcs.

## 6.2 Milieux humides naturels et zones riveraines : Sources et puits

### 6.2.1 Le cycle du carbone dans les écosystèmes palustres

Le cycle global du carbone consiste en bassins de stockage et en écoulements ou flux, tout déséquilibre entre les influx et les efflux changeant la taille des bassins. Tout porte à croire que les humains ont modifié le cycle global du carbone au cours des 200 dernières années, particulièrement par le biais de la consommation de combustibles fossiles et le changement de l'affectation des terres (Schlesinger, 1997), ce qui a donné lieu à une augmentation du bassin atmosphérique de carbone, actuellement évaluée à environ 3,4 Gt de carbone par année. (Tableau 6.1).

**Tableau 6.1. Le cycle global actuel du carbone**

Bassins de carbone (stockage)	Gt de carbone
Atmosphère	750
Océans	38 000
Sols (milieux humides)	1600 (455)
Plantes terrestres (milieux humides)	560 (8)
Flux de carbone (-apports) (+sorties)	Gt de carbone par année
Combustibles fossiles	+5,4
Déboisement et affectation des terres	+0,9 à +1,6
Respiration des plantes	+60
Respiration microbienne	+60
COD des cours d'eau et transport du CID	+/-0,8
Photosynthèse	-120
Accumulation dans les tourbières	-0,07

Enfouissement dans les sédiments des océans	-0,1
Processus d'équilibrage des carbonates océaniques	-2
Accumulation dans l'atmosphère	-3,4
Puits manquant	-1,4 à -1,6

(Nota : 1 Gt =  $10^{15}$  g = 1 Pg)

Modifié de Houghton (1990) et Schlesinger (1997).

COD – carbone organique dissous. CID – carbone inorganique dissous

Les apports de carbone dans les écosystèmes palustres sont dus à l'absorption de dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) par la photosynthèse des plantes vasculaires, des bryophytes non vasculaires et des algues. Dans les milieux humides des Prairies et des zones boréales, il peut aussi y avoir d'importants apports de carbone provenant des écosystèmes adjacents, sous la forme d'érosion et de dépôt de sols agricoles, de sédiments et de charges en carbone organique dissous (COD) par les cours d'eau, et de débris organiques, comme la couche de feuilles mortes. Les sorties de carbone de ces écosystèmes comprennent la respiration de  $\text{CO}_2$  par les plantes et les microbes, la production de méthane ( $\text{CH}_4$ ) par les microbes et la perte de COD via la lixiviation et l'exportation dans les nappes d'eau adjacentes.

## 6.2.2 Séquestration du carbone

Le bassin global de carbone du sol, de 1600 Pg, est plus de deux fois plus grand que celui de l'atmosphère, qui est de 760 Pg (Raich et Potter, 1995). Les milieux humides de l'hémisphère Nord stockent environ 455 Pg de carbone, soit environ 30 % du réservoir global de carbone du sol.

Le stockage du carbone se fait dans des réservoirs à court et à long terme. La biomasse des plantes et des algues et le COD dans la colonne d'eau représentent la séquestration de carbone à court terme (saisonnière) dans les milieux humides. La séquestration, dans les sédiments, du COD et de la matière organique non décomposée provenant de la production autochtone et des apports allochtones représente le stockage à long terme (années - décennies) du carbone dans les milieux humides. Le stockage du carbone se fait lorsque la production primaire est élevée et qu'elle dépasse le taux de décomposition ou, inversement, lorsque le taux de décomposition est ralenti par l'anoxie et les basses températures, entraînant une accumulation de matière organique non décomposée. Les milieux humides sont parmi les écosystèmes les plus productifs du monde (jusqu'à 1300 g de carbone par  $\text{m}^2$  par année), comparables aux forêts tropicales (800 g de carbone par  $\text{m}^2$  par année), en termes de productivité primaire nette (Schlesinger, 1997). Avec les conditions anaérobies du sol qui ralentissent le taux de décomposition, ces écosystèmes ont un excellent potentiel de stockage du carbone à long terme. Bien que la vaste superficie couverte par les tourbières représente la majorité du stockage du carbone dans les milieux humides de l'hémisphère Nord, il serait possible de modifier le stockage de carbone en quelques années ou décennies, en restaurant les milieux humides des Prairies.

Dans les tourbières du Nord, la productivité primaire nette annuelle est faible (130 g de carbone par  $\text{m}^2$  par année), mais le retard de la décomposition en raison des conditions anaérobies et des basses températures a tendance à se traduire par une séquestration accrue du carbone. Le taux actuel d'accumulation du carbone dans les tourbières du Nord est de 0,076 Pg par année (Gorham 1991, Clymo *et al.*, 1998). La capacité d'accroissement du stockage du carbone dans les tourbières est faible, étant donné que l'accrétion de la tourbe dans les tourbières du Nord est un processus lent, qui dépend d'une productivité primaire faible et de taux de décomposition réduits. Pour ce qui est de fonctionner comme source ou puits net, les tourbières non perturbées du Nord pourraient être en équilibre fragile entre la séquestration du carbone et l'émission de méthane (Schimel *et al.*, 1995).

Les milieux humides des Prairies et prairies-parcs stockent actuellement beaucoup plus de carbone que les terres agricoles voisines. La récupération des terres agricoles marginales pour les restaurer en milieux humides ou en zones riveraines offre donc la possibilité d'accroître la séquestration du carbone. C'est du moins la conclusion unanime des scientifiques des milieux humides lors d'un atelier récent sur la séquestration du carbone (19-20 avril 1999, marais Oak Hammock). Une étude en cours portant sur 204 milieux humides du Dakota du Nord, du Dakota du Sud, du Minnesota et de l'Iowa indique que les milieux humides intacts (non exploités) stockent deux fois plus de carbone que les milieux humides qui ont été asséchés et convertis en terres agricoles (Euliss *et al.*, 1999). Cela suppose que 50 % du carbone organique original du sol a été perdu lorsque les milieux humides ont été asséchés pour

l'agriculture. Une recherche préliminaire révèle que, lorsque ces milieux humides sont restaurés, il faut 10 ans aux zones palustres peu profondes pour qu'elles retrouvent la concentration de carbone organique des milieux humides intacts, et environ 20 ans pour les zones de prairies mouillées (Euliss *et al.*, 1999).

### 6.2.3 Émissions de gaz à effet de serre

En termes de gaz à effet de serre, les milieux humides peuvent être soit des sources, soit des puits de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), de méthane (CH<sub>4</sub>) et d'hémioxyde d'azote (N<sub>2</sub>O). En raison de leur biogéochimie complexe, ils peuvent être un puits pour un gaz et une source pour d'autres. Les milieux humides peuvent également passer de puits à sources à la suite d'impacts anthropiques, comme une charge accrue en substances nutritives, un drainage, un remplissage, une inondation, un brûlage et un changement de végétation.

À l'échelle mondiale, les milieux humides sont des sources mineures de dioxyde de carbone et d'oxydes d'azote, et des sources majeures de méthane (tableau 6.2).

**Tableau 6.2. Contribution des milieux humides aux émissions mondiales annuelles de gaz à effet de serre.**

Gaz à effet de serre	Émissions des milieux humides	Émissions mondiales totales	% de la contribution
Dioxyde de carbone	8,5 Tg par année <sup>(1)</sup>	7000 Tg par année <sup>(2)</sup>	0,12
Hémioxyde d'azote	0,133 Tg par année <sup>(3)</sup>	7,1 à 12,7 Tg par année <sup>(4)</sup>	0,8 à 1,4
Méthane	113 Tg par année <sup>(5)</sup>	540 Tg par année <sup>(5)</sup>	21

(1) Gorham, 1991.

(2) Houghton, 1990.

(3) Freeman *et al.*, 1993.

(4) Davidson, 1991.

Bartlett et Harriss, 1993.

(Nota : 1 Tg = 10<sup>12</sup> g)

Les milieux humides des marais et des plaines d'inondation dans le paysage agricole nord-américain contribuent pour beaucoup moins au méthane atmosphérique (< 2 Tg par année) que les tourbières du Nord (14-18 Tg par année) (Bartlett et Harriss, 1993), phénomène que l'on peut attribuer aux taux supérieurs d'oxydation du méthane dans les écosystèmes palustres. La végétation émergée et les épais tapis d'algues benthiques de ces milieux humides constituent des microzones d'oxygène qui favorisent l'oxydation du méthane. Lorsqu'il y a des tapis d'algues, jusqu'à 90 % du flux potentiel de méthane peut être consommé par oxydation (King, 1990; Wang *et al.*, 1995). Plusieurs études ont constaté une fluctuation des quantités relatives des émissions de méthane et de dioxyde de carbone liée aux niveaux d'eau et aux conditions anaérobies dans les milieux humides (Roulet *et al.*, 1993; Alm *et al.*, 1999). On a estimé que l'importance de l'augmentation des émissions de CO<sub>2</sub> liée au drainage des milieux humides et des tourbières annulerait de loin l'avantage potentiel des réductions des émissions de CH<sub>4</sub>.

Les flux de dioxyde de carbone sont à peu près équilibrés entre la production photosynthétique grossière (apport) et la respiration végétale et microbienne (sortie), le stockage dans les sols et la tourbe correspondant à toute production primaire excédentaire (Houghton, 1990). Les sols anaérobies des milieux humides ont habituellement des taux d'émission de dioxyde de carbone inférieurs aux sols terrestres (4 contre 7-8 g de carbone par m<sup>2</sup> par jour) (Raich et Potter, 1995).

Les émissions d'oxydes d'azote des milieux humides de l'hémisphère Nord sont faibles (Groffman et Taylor, 1996). Il a été prouvé que les sols ennoyés naturels agissaient comme puits ou sources négligeables de N<sub>2</sub>O, avec des émissions < 0,04 kg d'azote par ha par année (Martikainen *et al.*, 1993). La production d'hémioxyde d'azote est particulièrement favorisée par la fluctuation de la teneur en eau du sol, la grande disponibilité du carbone organique et la grande disponibilité de l'azote inorganique (Freeman *et al.*, 1997). Même si les milieux humides des Prairies peuvent offrir une grande quantité de carbone organique libre, leurs sols sont généralement continuellement ennoyés, et ils ont souvent tendance à être des systèmes limités en azote. Dans des conditions de saturation (> 80 % des



espaces interstitiels remplis d'eau), les l'hémioxyde d'azote est consommé et l'azote gazeux devient le principal produit final de la dénitrification.

Bien que les milieux humides des Prairies émettent du méthane et des oxydes d'azote de par la nature de leur fonctionnement biogéochimique, ces émissions peuvent être compensées par la capacité des milieux humides à stocker le carbone, ce qui leur permet de fonctionner comme des puits mondiaux nets de carbone. Toutefois, les scientifiques conviennent que nous ne sommes pas encore en mesure d'évaluer de façon significative le potentiel de puits et de source des milieux humides canadiens (Hengeveld et Beaulieu, 1999).

### **6.3 Impacts anthropiques sur les milieux humides, les zones riveraines et les zones sèches connexes – Implications pour les sources et les puits**

#### **6.3.1 Activités dans les paysages forestiers et agricoles qui influent directement ou indirectement sur la capacité de source ou de puits des milieux humides**

Les tourbières ont été asséchées pour l'agriculture et la foresterie, la production de combustibles et la cueillette de mousse horticole (Armentano et Menges, 1986). Les émissions de dioxyde de carbone ont tendance à augmenter en raison du drainage et de la dégradation des tourbières du Nord (Roulet *et al.*, 1993; Funk *et al.*, 1994; Alm *et al.*, 1999). On estime que le drainage à long terme des tourbières produit environ 0,0085 Pg CO<sub>2</sub> par année, alors que le brûlage de tourbe combustible en ajoute 0,026 Pg par année (Gorham, 1991). En Suède, les sols organiques cultivés représentent moins de 10 % des terres arables totales, mais contribuent pour au moins 10 % aux émissions anthropiques nationales totales de CO<sub>2</sub> (Kasimir-Klemetsson *et al.*, 1997). L'assèchement des tourbières augmente aussi considérablement les émissions d'oxydes d'azote (Freeman *et al.*, 1993; Regina *et al.*, 1998). En Finlande, les émissions de N<sub>2</sub>O à partir des sols organiques cultivés représentent 25 % des émissions anthropiques totales de N<sub>2</sub>O (Kasimir-Klemetsson *et al.*, 1997).

Dans l'ouest canadien, où se trouvent 80 % des terres arables cultivées, on a estimé que la culture avait entraîné la perte de 20 à 30 % du carbone organique du sol (COS) stocké dans ces sols avant la mise en culture (Janzen *et al.*, 1998). Les milieux humides des Prairies et prairies-parcs pourraient perdre jusqu'à 50 % du COS lors de leur conversion à l'agriculture (Schlesinger, 1997; Euliss *et al.*, 1999). On a estimé qu'au moins 75 % des milieux humides des Prairies et prairies-parcs ont été perdus à la suite du drainage agricole, et qu'un grand nombre d'entre eux n'ont qu'une production marginale lorsqu'ils sont cultivés (Environnement Canada, 1986). Également, comme l'indique la section 4.1.6.1, on a estimé qu'on pourrait restaurer jusqu'à un million d'hectares de zones riveraines dégradées des provinces des Prairies.

L'atténuation se fait de deux façons : la restauration des bassins de milieux humides par le rétablissement de la végétation aquatique et riveraine, et la restauration du carbone dans le sol des zones riveraines et des zones sèches qui pourraient être cultivées. La dégradation des zones riveraines et des zones sèches connexes via la mise à la culture ou le surpâturage a comme impact direct la réduction de la quantité d'habitat végétalisé disponible pour la séquestration du carbone, mais a également un impact négatif sur les milieux humides restants via la charge en substances nutritives associée au ruissellement des engrais, aux pesticides et à l'érosion du sol. Les pratiques agricoles suggérées qui peuvent restaurer une certaine partie de la perte de COS des sols agricoles sont la réduction du travail du sol, l'utilisation de graminées vivaces et l'amendement organique du sol.

La restauration des terres agricoles marginales en milieux humides semble offrir la possibilité d'y doubler la séquestration du carbone. La restauration et l'amélioration de ces systèmes ont d'importantes implications pour le développement des habitats fauniques et autres fonctions des milieux humides, comme le stockage de carbone.

#### **6.3.2 Mesures visant à réduire les sources et à améliorer les capacités de puits des bassins de milieux humides, des zones riveraines et des zones sèches connexes**

##### **6.3.2.1 Besoins en matière de politiques**

Les gouvernements fédéral et provinciaux devront se doter d'instruments économiques et politiques pour encourager les propriétaires et les gestionnaires fonciers à restaurer et à améliorer la capacité de puits de carbone des milieux

humides et des zones riveraines asséchés ou dégradés. Il s'agirait probablement d'instruments fiscaux, comme des crédits d'impôt et une dépréciation accélérée pour l'achat d'équipement de conservation. Les incitatifs et le financement direct pour la restauration et la protection des milieux humides, tels qu'élaborés et raffinés par les PC-PNAGS, doivent être élargis à la fois en importance et en nombre de partenariats. Un système permettant la vente de crédits de carbone offrirait des incitatifs à valeur ajoutée afin d'encourager davantage les initiatives de conservation des milieux humides.

### 6.3.2.2 Besoins en matière de programmes

Comme nous l'avons vu ci-dessus, les plus importantes menaces agricoles pour les milieux humides et les écosystèmes riverains sont : le drainage et le défrichage, les cultures ou les perturbations annuelles, l'invasion des plantes exotiques, la sédimentation, l'accroissement de la charge en substances nutritives et la contamination par l'érosion des sols. Les autres menaces sont : l'expansion urbaine et industrielle, les aménagements hydroélectriques, les aménagements portuaires et le drainage pour les activités forestières.

Il faut concevoir des programmes d'incitatifs afin d'encourager l'adoption de pratiques de gestion des terres qui permettent de restaurer et d'améliorer les milieux humides et d'accroître leur capacité de séquestration du carbone. Les pratiques qui augmentent la quantité et améliorent la qualité des milieux humides et des zones riveraines sont : le reboisement, le travail réduit des sols, l'élimination des jachères ou l'adoption du semis direct, la gestion des résidus, l'ajout de substances nutritives aux sols déficients, l'utilisation de cultures-abri et de cultures d'hiver, la culture d'une plus grande quantité de graminées vivaces en rotations, la culture à contre-pente et en bandes, la culture de graminées vivaces, d'arbustes et d'arbres dans les zones riveraines, les terres salines et les terres érodées, la gestion améliorée des pâturages et la restructuration des paysages dégradés, comme les voies d'eau gazonnées.

Un grand nombre de ces pratiques de conservation et de « meilleure gestion » en matière d'affectation des terres font partie des stratégies existantes ou proposées visant à encourager l'utilisation durable des terres tant dans les paysages forestiers que dans les paysages agricoles, comme on l'a décrit aux chapitres 3 et 4. Toutefois, de nombreux obstacles réduisent le taux d'adoption de ces pratiques sur la majorité des paysages agricoles et forestiers. Des programmes à long terme qui offrent des incitatifs pour l'adoption, réduisent les risques et éliminent les obstacles d'ordre politique à l'adoption de ces « meilleures pratiques de gestion » et de conservation seraient avantageux pour les milieux humides et amélioreraient leur capacité de séquestration du carbone.

### 6.3.3 Un programme canadien d'implantation de cultures couvre-sol

Une des façons les plus efficaces de protéger et d'améliorer les milieux humides, les voies d'eau et les zones riveraines consiste à rétablir les graminées vivaces, les plantes herbacées, les arbustes et les arbres et à permettre le retour de la terre à la végétation naturelle sur une longue période de temps. Cette pratique est possible sur la plupart des terres marginales, mais elle peut aussi être appliquée aux petites superficies de terres de production agricole et forestière. Les terres ensemencées de graminées vivaces permanentes ou plantées d'arbres permettraient de lutter contre l'érosion par le vent et l'eau, de séquestrer le carbone, d'améliorer la qualité de l'eau en réduisant le déplacement des pesticides, des engrais et des sols dans les cours d'eau et les milieux humides adjacents aux terres cultivées et assureraient un habitat à la faune.

Dans les Prairies et prairies-parcs, un grand nombre de ces terres agricoles marginales sont salinisées et il se forme des « cernes » autour des milieux humides et des zones riveraines. Bien qu'elles soient cultivées et ensemencées chaque année, ces terres sont peu productives, et la meilleure chose serait de les convertir à la culture de graminées ou de légumineuses vivaces. En Saskatchewan seulement, on estime qu'environ 355 731 hectares entrent dans cette catégorie. En plus de servir d'habitat pour la faune, ces terres feront également fonction de puits de carbone.

Un consortium de partenaires du PNAGS a élaboré un concept pour un programme canadien d'implantation de cultures couvre-sol (PCC). L'objectif du PCC est l'utilisation durable des terres agricoles via la conversion des terres cultivées en graminées, plantes herbacées, arbustes et arbres. Le programme paierait les propriétaires fonciers canadiens pour établir une couverture végétale permanente sur les terres agricoles. Il poursuivrait et élargirait le fructueux programme canadien d'implantation de cultures couvre-sol établi par le gouvernement fédéral en 1989. Le programme serait intégré avec les nombreux petits programmes de conversion aux graminées et cultures fourragères qui sont actuellement mis en œuvre par les organismes de conservation et les agences agricoles de tout le Canada,

comme on l'a indiqué au chapitre 4. Il verrait à ce que la conservation et l'amélioration des bassins de milieux humides fassent partie intégrante de l'initiative.

#### 6.3.4 Impacts du changement climatique sur les milieux humides

De nombreux milieux humides, particulièrement dans le Nord, ne sont pas touchés directement par les impacts de l'activité humaine. Toutefois, même les régions palustres les plus reculées peuvent subir les effets du changement climatique. Une combinaison de températures plus élevées et de précipitations constantes ou réduites dans certaines régions pourrait entraîner une diminution du ruissellement et du niveau des nappes phréatiques, causant l'assèchement de certains milieux humides et leur rétrécissement, ou changeant le type de certains autres. L'augmentation des concentrations de dioxyde de carbone dans l'atmosphère pourrait modifier la physiologie de certains types de végétation des milieux humides. Les types de milieux humides qui pourraient le plus subir les impacts du changement climatique sont :

- ≡ *Les milieux humides côtiers et estuariens.* Les milieux humides côtiers et estuariens peuvent être détruits si la hausse du niveau de la mer dépassait le taux de dépôt et si la migration vers l'intérieur des terres est impossible. Il pourrait y avoir changement dans la composition en espèces ou les types de végétation dans les marais salés. La végétation aquatique submergée, les marais côtiers, les forêts de feuillus des terres basses côtières et autres types de milieux humides pourraient tous être touchés.
- ≡ *Les milieux humides de toundra (pergélisol).* De grandes étendues de milieux humides de pergélisol pouvaient de changer en eaux libres si les températures montaient et faisaient fondre le pergélisol sus-jacent, libérant du dioxyde de carbone et du méthane.
- ≡ *Les tourbières.* Outre les milieux humides de pergélisol, de grandes étendues d'autres types de tourbières peuvent être touchées par une combinaison de la hausse des températures et de l'affaissement des nappes phréatiques, ce qui exposerait la tourbe à l'oxydation. La hausse des températures pourrait accroître le degré d'hydratation dans certains cas et le diminuer dans d'autres.
- ≡ *Les fondrières des Prairies et prairies-parcs.* On peut s'attendre à la réduction de la superficie des milieux humides et à la disparition d'un grand nombre d'entre eux à la suite de la hausse des températures et du changement du régime des précipitations dans la région des fondrières des Prairies et prairies-parcs.
- ≡ *Les milieux humides des marais et des bords de cours d'eau/lacs.* Dans les régions où on s'attend à une hausse des températures et à une diminution ou une stabilisation des précipitations, certains milieux humides en dépression pourraient s'assécher, rétrécir ou se transformer en zones sèches.

Tous ces facteurs ont des implications sur l'inclusion possible des sols et/ou des milieux humides dans le Protocole. Leur inclusion signifierait que les pays devraient faire face à toutes les conséquences, y compris les impacts du changement climatique sur les flux de carbone, s'il est impossible de distinguer ces derniers des impacts « anthropiques directs ». Il faut bien évaluer ces conséquences lorsqu'on élabore une stratégie de négociation.

### 6.4 Mesure, vérification et modélisation des puits de carbone des milieux humides

#### 6.4.1 Besoins en informations pour comprendre les bilans du carbone

L'élaboration du bilan du carbone d'un écosystème nécessite de l'information sur les apports, les sorties et les changements du stockage à l'intérieur du système. Les apports de carbone dans les milieux humides comprennent l'absorption par la photosynthèse des plantes et des algues, les apports dissous dans les eaux de surface, les eaux souterraines et les précipitations, ainsi que l'apport des particules transportées par via l'eau et l'air. Les sorties se font par la respiration des organismes vivants et durant les processus de décomposition, la perte de formes dissoutes par les débits sortants d'eau de surface et d'eaux souterraines, et les pertes particulières, principalement dans les débits sortants d'eau de surface. À l'intérieur des milieux humides, le carbone se trouve dans des réservoirs à court terme (notamment les organismes vivants, la matière organique en décomposition, et la matière dissoute et la matière particulaire dans la colonne d'eau) et des réservoirs à long terme (p. ex. les sédiments organiques). Il faut disposer d'information sur toutes ces composantes pour élaborer un bilan complet du carbone dans les systèmes de milieux humides.

Le récent atelier sur la séquestration du carbone dans les milieux humides des Prairies et prairies-parcs tenu à Oak Hammock, au Manitoba, a permis d'examiner les connaissances actuelles sur les diverses composantes du cycle du carbone dans les milieux humides des Prairies et de trouver qu'il y avait un grand nombre de données provenant d'une grande variété de sources. On a recommandé un exercice de modélisation pour organiser ces données et déterminer les besoins spécifiques de recherche. Durant cette discussion, on a identifié trois lacunes importantes nécessitant une attention immédiate : le taux d'échange gazeux des milieux humides (notamment le dioxyde de carbone, le méthane et l'hémioxyde d'azote), les interactions milieux humides/zones riveraines/zones sèches en ce qui a trait aux flux et aux réservoirs de carbone, et le taux d'accumulation du carbone dans la colonne de sol des milieux humides. On a également fait remarquer que toute l'information doit être extrapolée au niveau du paysage pour permettre une évaluation régionale et nationale des réservoirs de carbone et des changements qui s'y opèrent.

#### **6.4.2 État de la technologie permettant de mesurer et vérifier le stockage et les flux de carbone dans les milieux humides**

Il existe diverses techniques pour surveiller et vérifier les flux et les réservoirs de carbone dans les milieux humides. La détermination des apports et des sorties de carbone en association avec les débits d'eau peut se faire en calculant le volume des débits (eau de surface, eaux souterraines, précipitations) et la concentration de carbone (dissous/particulaire, organique/inorganique) dans ces débits. On peut déterminer l'absorption atmosphérique du carbone en calculant l'accumulation de la biomasse (aérienne et souterraine) des producteurs primaires dans le système. Les apports et les sorties de carbone peuvent être intégrés en utilisant les isotopes stables pour déterminer les voies suivies par le carbone et les apports allochtones (extérieurs) et autochtones (à l'intérieur du milieu humide) de carbone. Des études de la décomposition peuvent suivre le déplacement du carbone à partir de la mort de la plante ou des algues, jusqu'à l'enfouissement de la matière dans les sédiments. Bien qu'elles nécessitent des techniques et des analyses compliquées, les études de l'échange gazeux peuvent surveiller les pertes gazeuses (dioxyde de carbone, méthane et hémioxyde d'azote) du système via les processus de respiration et de décomposition. L'échantillonnage des sols pour en analyser le profil peut fournir de l'information sur le carbone stocké dans les sédiments des milieux humides.

Même s'il y a des techniques pour faire des études détaillées du carbone, à l'avenir, les efforts devront porter sur le besoin d'une évaluation simple et rapide des réservoirs de carbone dans les milieux humides et les changements qui s'y opèrent avec le temps. C'est là un important défi pour les scientifiques des milieux humides.

#### **6.4.3 Extrapolation à partir de sites individuels pour obtenir des valeurs régionales et nationales sur le carbone**

L'information sur les flux et les réservoirs de carbone de milieux humides individuels et de certains types de milieux humides doit être extrapolée pour fournir des valeurs régionales et nationales. Les milieux humides doivent être considérés dans le contexte du paysage général (c.-à-d. le milieu humide, la zone riveraine adjacente et les zones sèches connexes). Les efforts de modélisation doivent tenir compte de l'interaction de ces composantes du paysage lors de l'extrapolation des valeurs des réservoirs de carbone pour obtenir des estimations régionales. Il faudra pour cela raffiner les techniques de modélisation existantes et mettre au point des inventaires détaillés des milieux humides pour permettre une extrapolation basée sur la superficie et les changements des types de milieux humides.

#### **6.4.4 Inventaires des milieux humides**

La télédétection est devenue un outil important de l'inventaire des ressources naturelles, dont les milieux humides. Il existe une grande variété d'équipements de télédétection, depuis les dispositifs aéroportés jusqu'aux satellites d'observation. Les principaux ensembles de données de télédétection utilisés sont basés sur les données des images satellitaires de LANDSAT-Thematic Mapper (TM). Par exemple, Canards Illimités Canada a généré un inventaire de l'habitat des milieux humides de la région des Prairies et des prairies-parcs pour la période de 1985 à 1996 à l'aide des images de LANDSAT-TM.

Il n'y a pas de consensus sur le fait que les méthodes utilisées actuellement pour classer les milieux humides au niveau régional puissent aussi servir pour surveiller les changements dans le temps. Canards Illimités a indiqué que 80 % des milieux humides de la région des Prairies et de la peupleraie des prairies-parcs ont une superficie de moins



d'un hectare, et qu'un grand nombre ne sont inondés que de façon saisonnière ou temporaire. Vu cette faible superficie, certains experts croient que la résolution spatiale de LANDSAT est insuffisante. Toutefois, une nouvelle imagerie satellitaire à haute résolution est maintenant disponible et a de profondes implications pour la télédétection des milieux humides. Un projet de coopération entre des agences nationales possédant de l'expérience en télédétection devrait explorer la possibilité que ces progrès techniques permettent de réaliser un inventaire fiable et reproductible des milieux humides au Canada.

#### 6.4.5 Modélisation du cycle et du stockage du carbone dans les milieux humides

Une modélisation efficace réduira l'incertitude des estimations des cycles du carbone dans les milieux humides. Il existe divers modèles pour modéliser la séquestration du carbone. Le modèle CENTURY (décrit à la section 5.3), modèle très accepté ciblé sur la dynamique du carbone dans les sols agricoles, n'a pas été appliqué aux milieux humides. Il simule le carbone organique dans le sol pour divers systèmes agricoles, rotations et pratiques de labour dans les Grandes Plaines, et il a été utilisé pour simuler les prairies, les forêts et les savanes. Ce modèle aurait besoins de grandes modifications pour être appliqué aux milieux humides.

Un modèle conceptuel a été mis au point spécialement pour les stocks et les flux de carbone dans les milieux humides des Prairies, grâce à une collaboration des scientifiques de l'Institut national de recherche sur les eaux, à Saskatoon (Saskatchewan), et de l'University of Saskatchewan. Ce modèle simule la dynamique du carbone des prairies basses, des prairies mouillées, des marais peu profonds, des marais profonds et des zones d'eau libre des milieux humides. La structure du modèle a été élaborée de façon à tenir compte de la variabilité spatiale et de la différence d'échelle de processus comme la productivité biologique. Le modèle incorpore des liens avec l'affectation des terres avoisinantes, qui influe sur les fonctions des milieux humides, de manière que le modèle simule la fonction de milieu humide dans le contexte de l'ensemble du paysage. De plus, certains secteurs du modèle peuvent être utilisés pour simuler la dynamique de l'azote et ainsi évaluer le bilan du dioxyde de carbone, du méthane et d'hémioxyde d'azote dans les milieux humides des Prairies.

D'autres modèles de milieux humides comprennent les modèles d'accumulation du carbone utilisés pour simuler les variations d'échelle millénaire de l'accumulation de tourbe dans les tourbières ombrotrophes, et les modèles basés sur les processus utilisés pour simuler la dynamique du carbone, et ainsi, les flux à court terme du  $\text{CO}_2$  et du  $\text{CH}_4$ . Ces derniers en sont aux premières étapes d'élaboration, et ne peuvent pas encore traiter adéquatement tous les systèmes de milieux humides qui sont sensibles au changement d'affectation des terres ou au cycle de l'azote. On a également besoin d'un modèle d'échelle intermédiaire capable d'interpoler entre les processus à court terme et ceux d'échelle millénaire pour simuler les processus d'échelle décennale et centennale. L'intégration des modèles disponibles et l'élaboration de nouveaux modèles, le cas échéant, sont des étapes essentielles dans le développement d'une meilleure connaissance de la dynamique du carbone dans les milieux humides aux échelles locale, régionale et nationale.

#### 6.5 Priorités en matière d'information et de recherche

Les deux principales priorités en vue d'une action rapide dans la recherche sur les flux de gaz à effet de serre dans les milieux humides sont donc :

- ≡ Bien évaluer l'état actuel de nos connaissances, par le biais d'ateliers thématiques, de la « science appropriée à la politique » en ce qui a trait à la gestion des milieux humides comme puits potentiels à inclure dans les prochaines modifications du Protocole de Kyoto.
- ≡ Établir un pivot de la recherche connexe au Canada, probablement par le biais d'un nœud de recherches sur les milieux humides dans le cadre du programme BIOCAP des universités canadiennes.

Ces premières initiatives devraient à leur tour servir à élaborer des recommandations sur les priorités de recherches afin de combler les lacunes suivantes en matière de données et de connaissances :

- ≡ Les rapports entre les écosystèmes agricoles, forestiers et palustres ne sont pas bien définis ou compris, et doivent faire l'objet d'études plus poussées. De nombreux paysages forestiers et agricoles contiennent des milieux humides qui seraient touchés par les interventions visant à séquestrer le carbone. Les zones riveraines



agissent souvent comme zones tampons pour les milieux humides et autres écosystèmes terrestres, alors que les eaux souterraines et les cours d'eau y importent et en exportent du carbone dissous. Ainsi, même si les interventions de séquestration du carbone portent sur un écosystème donné, l'impact de ces mesures doit être évalué dans une approche holistique du carbone total pour être crédible et vérifiable. D'autres recherches sur ces rapports et sur le transport de carbone entre ces composantes sont nécessaires.

- ≡ Il faudra mener des recherches sur le stockage à long terme du carbone dans les milieux humides au Canada, en prélevant de courtes carottes de sédiments à plusieurs sites représentant diverses catégories de milieux humides, divers degrés de dégradation (c.-à-d. intacts Vs cultivés) et diverses régions géographiques du pays. Il faudra faire l'analyse stratigraphique de ces carottes de matière organique, en déterminer la densité apparente, le poids à sec, la teneur en chlorophylle, en faire la datation, etc., afin d'établir les niveaux de référence de stockage du carbone des milieux humides au Canada, y compris les lacs et les plans d'eau libre.
- ≡ Il faudra entreprendre un projet pilote de restauration d'un milieu humide « type », avec les mesures appropriées avant, pendant et après : du carbone organique dans le sol (carottes), des émissions de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ , et  $\text{N}_2\text{O}$ , des taux de nitrification/dénitrification, des taux ou de la biomasse de bactéries méthanogènes Vs méthanotrophes, du taux annuel de productivité primaire (pour les composantes terrestres et toutes les composantes algales), de la biomasse nette de l'écosystème, des concentrations des substances nutritives inorganiques, du régime hydrologique, etc. Ces mesures devront être faites dans la zone d'eau profonde, la zone peu profonde de macrophytes émergés, la zone riveraine et la zone sèche adjacente pour fins de comparaison.
- ≡ Un projet comparant les différences de la méthanogénèse entre divers types de milieux humides serait enrichissant et permettrait de connaître le taux et la biomasse de bactéries méthanogènes Vs méthanotrophes, les émissions de  $\text{CH}_4$  des divers types de milieux humides et le rôle spécifique des algues benthiques dans l'oxydation du méthane.
- ≡ Il faudrait entreprendre un projet étudiant spécifiquement l'impact de la charge en azote dans les différents types de milieux humides et l'effet sur les émissions de  $\text{N}_2\text{O}$  afin d'analyser la fertilisation par l'ammonium et aux nitrates, les taux de nitrification et de dénitrification et les émissions de  $\text{N}_2\text{O}$ , et d'évaluer si la présence ou l'absence de biomasse algale a un effet sur la baisse des émissions gazeuses.
- ≡ La surveillance à long terme des milieux humides dans tout le Canada est essentielle pour tous les aspects de leur conservation et de leur utilisation durable, ainsi que pour connaître, protéger et améliorer les écosystèmes palustres comme puits de carbone.
- ≡ Comme nous l'avons mentionné à la section précédente, il faut intégrer les modèles existants et en élaborer de nouveaux, le cas échéant. Cette dernière solution inclut un modèle de processus et de registre pour simuler l'impact de l'affectation des terres et la variabilité naturelle dans les milieux humides, ainsi que des modèles de processus comprenant des applications dans des systèmes non ombrotrophes (hydrologie propre au site). Ces modèles devraient, entre autres, être utilisés pour évaluer la réaction des facteurs abiotiques aux changements climatiques.

## 6.6 Conclusions et recommandations

La question des milieux humides est unique en son genre. L'état actuel des connaissances scientifiques ne justifie pas que l'on considère, à ce moment-ci, ces milieux comme des puits distincts de carbone dans le cadre du Protocole de Kyoto. Étant donné que de nombreux bassins de milieux humides des paysages agricoles sont utilisés comme terres agricoles, il est impossible de différencier un milieu humide d'un autre. Par conséquent, il est possible que certains bassins de milieux humides « utilisés » fassent déjà partie du système de comptabilisation de Kyoto. Il en va de même pour les milieux humides des paysages forestiers.

La conservation des tourbières et des milieux humides du Sud est justifiée par leur aptitude actuelle à séquestrer le carbone, et par le fait qu'ils ont tendance à devenir des sources nettes de gaz à effet de serre lorsqu'ils sont perturbés par un changement d'affectation, comme l'assèchement pour l'agriculture ou la foresterie. La capacité de stockage accru de carbone dans les milieux humides restaurés pouvait se réaliser sur une échelle de temps allant des années aux décennies. Il faudrait donc considérer la restauration des milieux humides comme faisant partie de l'effort visant à accroître les puits de carbone dans les paysages agricoles et forestiers. Les attributs des milieux humides qui peuvent en faire des puits nets sont :

- 1) une productivité primaire élevée qui assure une abondante quantité de carbone organique disponible pour la séquestration;

- 2) une décomposition réduite due à la nature anaérobie des sédiments des milieux humides et aux basses températures de nos latitudes;
- 3) l'aptitude des milieux humides intacts à stocker deux fois plus de carbone que les milieux humides cultivés;
- 4) les émissions réduites de méthane dues à l'oxydation du méthane dans l'environnement aérobie fourni par les algues et la végétation émergée;
- 5) les faibles émissions d'oxydes d'azote dues aux sols continuellement noyés et aux faibles concentrations de nitrates de nombreux milieux humides.

Si les milieux humides canadiens doivent conserver leur fonction de puits actifs et de réservoirs de stockage à long terme du carbone, il faut absolument empêcher que se poursuivent la perte et la conversion continues de ces milieux pour d'autres utilisations. Les milieux humides dégradés par des activités humaines directes et/ou les impacts du changement climatique auraient une incidence négative sur l'engagement du Canada vis-à-vis du Protocole de Kyoto. Il faut des politiques et programmes axés sur la conservation, qui reconnaissent toute la gamme des valeurs intrinsèques des milieux humides, y compris celle de la séquestration du carbone. Pour avoir une incidence sur le changement climatique, ces politiques et programmes ne doivent pas seulement protéger les milieux humides existants, mais ils doivent aussi, par le biais de la restauration et de l'amélioration des milieux humides dégradés, se traduire par un gain net pour le Canada en superficie et en fonction de milieu humide. Les crédits potentiels pour l'amélioration des puits de carbone accordés par le Protocole de Kyoto constitueraient des incitatifs à valeur ajoutée pour les politiques et les programmes canadiens et mondiaux de conservation des milieux humides. Une telle approche servirait d'exemple aux efforts de la CCCC et du Protocole de Kyoto en matière de développement durable et les renforcerait.

**Recommandation 6.1 : que l'on continue de considérer les milieux humides comme un puits potentiel dans le cadre du Protocole de Kyoto, particulièrement par le biais de l'organisation et de la coordination des sciences et des politiques propres à ces puits.**

**Recommandation 6.2 : que l'on identifie un pivot de la recherche connexe au Canada afin de bien évaluer, par le biais d'ateliers thématiques, l'état actuel des connaissances et les priorités de la recherche en matière de gestion des milieux humides comme puits potentiels de carbone. Une façon d'atteindre cet objectif serait de créer un nœud de recherches sur les milieux humides dans le cadre du programme BIOCAP des universités canadiennes.**

## 7. SÉQUESTRATION DU CARBONE AUX TERMES DES MÉCANISMES DU PROTOCOLE DE KYOTO ET AUTRES MÉCANISMES DE CRÉDIT ET D'ÉCHANGE POSSIBLES

### 7.1 Activités mises en œuvre conjointement et mécanismes de Kyoto

#### 7.1.1 Contexte

La CCCC-ONU et le Protocole de Kyoto comprennent tous les deux des mécanismes qui permettent des activités conjointes (c.-à-d. multilatérales) pour atteindre les objectifs nationaux en matière de limitation des GES. Cependant, le traitement accordé aux activités puits n'est pas le même pour chaque mécanisme, ni même *a priori* entre les mécanismes et les projets nationaux admissibles.

Aux termes de la CCCC, des mesures d'atténuation des GES sont adoptées au moyen d'activités mise en œuvre conjointement (AMOC) dans le cadre de la phase pilote de mise en œuvre conjointe. Cette phase pilote permet aux Parties d'unir leurs efforts en vue de réduire les émissions provenant des sources et d'accroître l'absorption par les puits. Aucune restriction ne vise les types de puits ou de réservoirs des GES pouvant être renforcés par des projets AMOC, et aucune ligne directrice uniforme n'a été établie pour estimer les gains en GES découlant de ce type de projets. En conséquence, les projets AMOC consacrés aux puits forestiers et agricoles présentent des différences importantes en ce qui a trait à l'évaluation des stocks de carbone (c.-à-d. biomasse aérienne et souterraine, sol et produits du bois) ou aux méthodes utilisées. De plus, on a aucune assurance que les méthodes de comptabilisation utilisées pour les GES dans le cadre des inventaires nationaux et des projets AMOC sont uniformes. On n'a toutefois pas jugé nécessaire d'exiger qu'elles le soient car, conformément à la Décision 5 de la CdP 1, qui a lancé la phase pilote AMOC, aucun crédit d'émission ne serait attribué aux Parties pour des réductions réalisées au cours de celle-ci dans le cadre de projets visant à réduire ou à séquestrer les émissions des GES. Il est possible que cette phase, qui devait prendre fin avec la CdP5, se poursuive au-delà de l'an 2000, étant donné que les Parties sont divisées quant à sa nécessité et à son utilité. Certaines considèrent notamment que les activités AMOC ont été supplantées par le Mécanisme de développement propre (MDP), et sont donc devenues désuètes.

Dans le cadre du Protocole de Kyoto, trois mécanismes sont prévus pour mettre en place des mesures d'atténuation des GES : la mise en œuvre conjointe (MOC) entre pays de l'annexe 1, le mécanisme du développement propre (MDP) et l'échange international de droits d'émission (EIDE).

- ≡ La mise en œuvre conjointe entre pays de l'annexe 1, comme le stipule l'article 6, permet à toute Partie de l'annexe 1 de céder à toute autre partie ayant le même statut, ou d'acquérir auprès d'elle, des unités de réduction des émissions (URE) découlant de projets de réductions des émissions des GES, qui s'ajoutent à celles qui pourraient être obtenues autrement. Lorsqu'une Partie de l'annexe 1 cède des URE à une autre Partie ayant le même statut, elle doit les soustraire de la quantité qui lui a été attribuée. Aucune URE n'est attribuée dans le cadre de projets mis en œuvre avant 2008.
- ≡ Le MDP, aux termes de l'article 12, permet à des pays en développement (c.-à-d. non visés à l'annexe 1) d'accueillir des projets qui contribuent à atteindre leurs objectifs de développement durable et à réduire les émissions des GES, et de céder en contrepartie des crédits de réduction d'émissions certifiées (CREC) aux pays de l'annexe 1 qui les ont mis en œuvre. Les Parties de l'annexe 1 peuvent alors utiliser ces CREC pour réaliser une partie de leurs objectifs. À l'instar des projets MOC entre pays de l'annexe 1, les projets MDP doivent s'ajouter à ceux qui seraient mis en œuvre autrement. Des CREC pourront être attribués à des projets commençant en l'an 2000. Les projets MDP devraient permettre de réaliser des « gains réels, mesurables et à long terme », un critère qui, comme nous le verrons ultérieurement, suscite certaines questions quant au traitement possible des puits.
- ≡ L'échange international de droits d'émission, comme le mentionne l'article 17, permet aux Parties de l'annexe 1 de participer à des échanges, entre pays ayant le même statut, afin d'atteindre leurs objectifs aux termes de l'article 3. Une quantité ainsi échangée, qu'on désigne souvent comme une « unité de quantité attribuée » (UQA) est soustraite de la quantité attribuée à la Partie qui procède à la cession et ajoutée à la quantité attribuée de la Partie qui en fait l'acquisition.

Alors que le mécanisme MOC entre pays de l'annexe 1 et le MDP sont axés sur des projets, l'échange international de droits d'émission repose sur un inventaire. Toutefois, les réductions d'émission qui sont cédées entre Parties de l'annexe 1 par le biais des deux mécanismes (MOC entre pays de l'annexe 1 et MDP) sont tôt ou tard reflétées dans les inventaires nationaux des Parties de l'annexe 1, et elles sont liées par les objectifs, puisqu'elles tiennent compte de l'échange d'unités de quantités attribuées. Les pays non visés à l'annexe 1 qui accueillent des projets MDP n'ont pas d'objectif qui limite le nombre de CREC pouvant être cédés aux Parties de l'annexe 1. De plus, les trois mécanismes du Protocole de Kyoto doivent se conformer à une autre exigence : l'acquisition par les Parties de l'annexe 1 d'URE, de CREC, et d'UQA doit venir en complément des mesures prises au niveau national. Bien que la notion de « complémentarité » n'ait pas été définie, on entend généralement qu'une Partie de l'annexe 1 ne peut atteindre ses objectifs en ayant uniquement recours aux mécanismes du Protocole de Kyoto.

Outre le traitement que ces mécanismes peuvent accorder aux puits, que nous verrons à la section 7.2, il reste à régler une question importante qui a été au cœur de récents débats : les exigences relative à la complémentarité aux termes des articles 6, 12 et 17 devraient-elles se traduire par l'imposition d'une limite quantitative sur l'utilisation des mécanismes du Protocole de Kyoto par les Parties de l'annexe 1. L'Union européenne (UE) a formulé une proposition qui consiste à imposer aux mécanismes de Kyoto un « plafond concret » qui prendrait la forme de restrictions tant sur la vente que sur l'acquisition d'URE, de CREC et d'UQA par les Parties de l'annexe 1. L'UE a suggéré que les pays « acheteurs » puissent définir leurs propres plafonds à partir des quantités les plus élevées obtenues par l'une ou l'autre des formules. Les pays acheteurs pourraient augmenter ce plafond s'ils réalisent à l'échelle nationale des réductions d'émission supérieures à l'objectif fixé. Le cas échéant, ils pourraient accroître leur plafond de la différence entre les réductions nationales et le plafond. L'UE suggère d'interdire aux pays « vendeurs » de l'annexe 1 de céder une quantité qui soit supérieure au résultat obtenu à l'aide de la formule. Selon l'Agence internationale de l'énergie (AIE), cela signifierait un pourcentage moyen de réduction de 34 % pour le Canada et de 33 % pour les États-Unis. La proposition de l'UE a suscité de nombreuses critiques de la part d'un grand nombre de Parties, notamment du Canada, des États-Unis, de la Fédération de Russie, de la Norvège, de l'Australie et de la Nouvelle-Zélande (AIE, 1999).

Il sera nécessaire de conduire d'importantes négociations avant la mise en place des mécanismes MOC entre pays de l'annexe 1, MDP et EIDE. Alors que les Parties non visées à l'annexe 1 recommandent que le MDP soit la principale cible de la CCCC, puisque ce mécanisme pourrait être mise en œuvre dès l'an 2000, les Parties de l'annexe 1 sont d'avis que les trois mécanismes de Kyoto doivent être considérés en même temps pour assurer leur uniformité et leur efficacité.

Au Canada, la Table des mécanismes de Kyoto du Processus national sur le changement climatique, s'est penchée sur l'évaluation des questions de politique liées au développement et à l'application future des mécanismes MOC entre pays de l'annexe 1, MDP et EIDE. Leurs analyses ont porté sur un certain nombre de questions, mais aucune n'est spécifique aux puits, telles que : la complémentarité des projets et les émissions de référence pour les projets MOC entre pays de l'annexe 1 et MDP; l'influence des facteurs de l'offre et de la demande sur l'utilisation des mécanismes MOC entre pays de l'annexe 1 et MDP par des entités canadiennes; les systèmes de comptabilisation des réductions d'émissions découlant de projets MOC entre pays de l'annexe 1 et MDP; et les options élaborées en vue de l'EIDE.

### 7.1.2 Puits admissibles dans le cadre des mécanismes de Kyoto

Chacun des mécanismes de Kyoto semble imposer des restrictions différentes quant à l'utilisation des puits.

L'article 17, qui décrit l'échange international de droits d'émission, n'englobe pas de façon explicite les questions de puits. Toutefois, les réductions d'émission cédées dans le cadre d'EIDE sont basées sur un inventaire (fractions de quantités attribuées) et donc sujettes aux contraintes mentionnées à l'article 3. Les limites de la forêt de Kyoto influenceront sur l'offre d'unités de quantités attribuées qui pourront être échangées à l'échelle internationale conformément à l'article 17. Ces limites (c.-à-d. les activités et les stocks de carbone qui doivent être inclus dans la forêt de Kyoto) détermineront quelles fractions de sa quantité attribuée le Canada devra vendre à d'autres pays de l'annexe 1 et quelles fractions disponibles il pourra acquérir auprès d'autres pays de l'annexe 1.

Aux termes de l'article 6, les projets MOC entre pays de l'annexe 1 peuvent viser la réduction des émissions anthropiques par les sources ou le renforcement des absorptions anthropiques par les puits de GES dans tous les



secteurs de l'économie. Ainsi, les projets MOC entre pays de l'annexe 1 ne semblent pas explicitement assujettis à des limites imposées aux activités puits mentionnées à l'article 3. Cependant, si les restrictions imposées à l'ATCATF conformément à l'article 3 ne s'appliquent pas aux projets MOC entre pays de l'annexe 1 qui sont mis en œuvre aux termes de l'article 6, il paraît donc possible pour les Parties de l'annexe 1 de réclamer des gains en GES pour les activités ATCATF entreprises à l'étranger, ce qui ne serait pas le cas si ces projets étaient réalisés à l'échelle nationale. Lorsque les Parties vendent des URE découlant de projets MOC entre pays de l'annexe 1, elles doivent les soustraire de leur quantité attribuée, ce qui pourrait décourager une Partie de l'annexe 1 d'accueillir un projet MOC entre pays de l'annexe 1 dont les activités ne satisfont pas aux exigences du paragraphe 3.3 dans le cas où les réductions réalisées ne s'ajouteraient à celles qui auraient été obtenues autrement.

L'article 12, qui décrit le MDP, fait uniquement référence aux projets qui visent des réductions d'émission et ne traitent pas de façon explicite de l'inclusion ou de l'exclusion des projets puits. Certaines Parties ont interprété la référence faite aux « réductions d'émission » dans l'article 12 comme une exclusion de tous les projets puits, tandis que d'autres ont fait valoir que les projets visant sur la conservation des forêts *sont* des projets axés sur la réduction d'émissions. Certaines Parties croient que le MDP se trouvera désavantagé sur le plan de la concurrence par rapport aux projets MOC entre pays de l'annexe 1 si les projets puits ne sont pas autorisés dans le cadre du MDP. La Communauté européenne a déclaré en substance que l'article 12 ne permettait pas la mise en œuvre de projets visant à renforcer l'absorption par les puits en vue d'aider les Parties de l'annexe 1 à remplir leur engagements conformément à l'article 3, mais la Conférence des Parties agissant comme Réunion des Parties au Protocole pourrait en décider autrement (Autriche, 1998). Dans des documents officiels sur les articles 6 et 12, le Japon a affirmé que les projets mis en œuvre aux termes de l'article 6 en vue de renforcer l'absorption par les puits devraient se plier aux exigences des paragraphes 3.3 et 3.4 du Protocole, et que le MDP devrait inclure des projets puits (Japon 1998a, 1998b). Un autre document officiel sur le MDP présenté par l'Australie, le Canada, l'Islande, le Japon, la Nouvelle-Zélande, la Norvège, la Fédération de Russie, l'Ukraine et les États-Unis mentionne que la portée des projets dans le cas du MDP devrait inclure les « réductions et absorptions » des GES (Australia *et al.*, 1999). Dans un rapport présenté par le Groupe représentant les pays africains, l'Ouganda a indiqué simplement que les projets axés sur la foresterie et l'agriculture devraient être inclus dans le MDP sans clarifier si ces projets devraient ou non viser les puits (Ouganda, 1998). L'Afrique du Sud et l'Argentine, comme l'auraient fait également certains États forestiers de l'Afrique, ont clairement exprimé leur appui en faveur de l'inclusion des projets puits dans le MDP, tandis que d'autres pays du G77, comme les petits États insulaires, y sont généralement opposés.

Certaines Parties ont en outre indiqué que les pertes ou les déplacements possibles des bénéfices, de même que d'autres facteurs de risque associés aux projets puits seraient plus importants que les gains. Ces questions seront abordées ultérieurement à la section 7.3, avec les questions de méthodologie et de comptabilisation.

En conclusion, parmi les options visant à inclure les puits dans le MDP figurent les suivantes : permettre toute activité puits qui réponde aux exigences des paragraphes 3.3 et 3.4; permettre toute activité puits qui soit conforme à l'article 6 (ce qui pourrait signifier la même chose) ou permettre tout projet, dont ceux qui visent à mettre en valeur ou à conserver les forêts (p. ex. la gestion durable des forêts).

## **7.2 Programmes possibles de crédits pour mesures hâtives et d'échange de droits d'émissions à l'échelle nationale**

### **7.2.1 Crédits pour mesures hâtives**

En reconnaissant qu'il sera difficile d'atteindre l'objectif de réduction en raison de la vitesse à laquelle les émissions nationales augmentent, certains pays comme le Canada et les États-Unis ont commencé à évaluer les gains qu'ils pourraient réaliser en mettant en place un programme national de crédits pour mesures hâtives. Dans le cadre d'un programme de ce genre, certaines entités pourraient obtenir des crédits pour les réductions de GES qu'elles réaliseraient avant la date d'entrée en vigueur des contrôles obligatoires sur les émissions de ces gaz. Ces entités pourraient alors utiliser les crédits obtenus pour satisfaire à d'éventuelles obligations de conformité dans le contexte d'un futur programme national réglementaire visant les GES. À terme, cependant, il reste à régler certaines questions de base : quelles formes prendront ces « crédits »; quelle valeur auront-ils? Quelle sera leur période de validité et quelle utilisation en fera-t-on? En incitant les entités à entreprendre de manière hâtive des réductions d'émission par le biais d'un programme de ce genre, on pourrait faciliter le passage éventuel à un monde assujéti à des restrictions sur



le carbone et éviter des ajustements abrupts pour satisfaire à certaines obligations de réduction pour 2008, susceptibles de menacer sérieusement l'économie nationale. Le Canada et les États-Unis étudient présentement les nombreux questions complexes de droit et de politique associées à l'élaboration et à l'application d'un système d'attribution de crédits dans le cadre d'un programme de mesures hâtives.

Une autre question particulièrement préoccupante, et sujette à controverse, est l'impact potentiel d'un programme de crédits pour mesures hâtives une fois la réglementation nationale entrée en vigueur. Étant donné que le Protocole de Kyoto n'alloue aucun crédit à l'échelle internationale pour des réductions réalisées avant 2008 (à l'exception des crédits de type MDP), les crédits pour mesures hâtives devront être soustraits de la quantité attribuée à un pays (c.-à-d. de son budget d'émissions), en supposant que les « crédits » se présentent sous la forme d'unités de GES (éq.-CO<sub>2</sub>) pour la première période d'engagement. Autrement dit, si un pays obtient des crédits d'émission avant 2008 par le biais d'un programme de crédits pour mesures hâtives, il serait alors plus difficile pour lui d'atteindre son objectif de Kyoto pendant la période d'engagement; en fait, son objectif serait majoré au cours de la première période d'engagement.

### 7.2.2 Échange national de réductions d'émission

Plusieurs Parties ont également considéré les gains pouvant découler de programmes nationaux d'échanges qui permettraient d'atteindre les objectifs nationaux de réduction des GES, le principe sous-jacent étant que ces programmes permettent d'atteindre un objectif de réduction à un coût bas et de manière efficace. Les entités qui doivent engager des coûts élevés pour réduire leurs émissions pourraient ainsi faire l'acquisition de permis d'émission auprès d'entités qui peuvent réaliser des réductions à un coût moindre. Étant donné qu'il appartient aux entités de décider s'il est plus économique et efficace de réduire leurs propres émissions ou d'acheter des permis auprès d'autres entités, un système d'échange peut s'avérer un moyen de réduire les émissions globales au coût le plus bas. Un programme d'échange peut constituer à la fois une limite et un système d'échange (réglementaire), conçu sur la base de fractions de quantités attribuées; il peut être axé sur un inventaire et/ou un projet et permettre la création de crédits en deçà d'un certain niveau de référence. Le Projet pilote d'échange de réductions des émissions de gaz à effet de serre (PÉRÉG) offre un exemple de ce type de programme. Le PÉRÉG permet la mise en œuvre de projets puits, qui comptent actuellement un projet d'échange à l'étude (voir Étude de cas 1, Projet forestier de compensation en carbone). Il serait de même possible de limiter plus efficacement les émissions des grandes sources fixes au moyen d'un plafond d'émissions ou d'un système d'échange. À titre d'exemple, mentionnons le programme d'échange de SO<sub>2</sub> des États-Unis.

Le mandat du Groupe de travail canadien sur les permis échangeables à l'échelle nationale est d'examiner les options qui consistent à émettre un permis obligatoire d'échange à l'échelle nationale, dans le cas du moins de certaines sources de GES. Jusqu'à présent, le Groupe s'est surtout penché sur la façon dont ce genre d'approche pourrait être élaborée et mise en application comme moyen de *réduire* les émissions de GES. Les puits n'ont pas été étudiés de façon formelle, mais on a envisagé de les inclure dans une sorte d'approche hybride.

### 7.2.3 Traitement des puits dans l'attribution de crédits pour mesures hâtives et l'application d'un système d'échanges à l'échelle nationale

Aux fins des objectifs nationaux, si une Partie décide de miser sur un système national d'échanges plutôt que sur des activités d'ATCATF aux termes de l'article 3, elle se trouverait à allouer des crédits pour une activité qui ne répond pas aux exigences du Protocole de Kyoto. Le même raisonnement peut s'appliquer aux crédits pour mesures hâtives.

Quant à l'échange national d'émissions, conformément au Protocole, les puits seraient *a priori* mieux couverts dans le cadre d'un système d'attribution de crédits à des projets, comme le seraient d'ailleurs les petite sources de GES. Il semble cependant que les puits se prêteraient également bien à un système de plafond d'émissions et d'échanges, mais uniquement dans les cas où l'on exerce une surveillance suffisamment rigoureuse et où il existe un lien juridique avec une entité responsable et identifiée dans l'inventaire national des GES. Vu la façon particulière dont on tient compte des puits dans l'objectif de Kyoto, on devra examiner plus à fond cette option avant de la mettre en application.

Tant que les notions de boisement, reboisement et déboisement ne seront pas définies et que les stocks de carbone admissibles ne seront pas spécifiés, les Parties de l'annexe I, de même que les entités du secteur privé dans les pays-Parties, hésiteront sans doute à mettre en œuvre des projets puits (c.-à-d. des projets de boisement et de

reboisement) sur leur territoire. Étant donné que la croissance des arbres suit une courbe en « S », tout retard dans la mise en œuvre de ces projets se traduira par une diminution des gains en carbone pendant la première période d'engagement comparativement à ceux qui pourraient être réalisés si des activités de boisement étaient entreprises plus tôt.

Dans son rapport publié en mai 1999, la Table des crédits pour mesures hâtives (Table des crédits pour mesures hâtives, 1999) indique en substance que les puits biologiques devraient être inclus dans les programmes d'attribution de crédits pour mesures hâtives. Cependant, le rapport indique également qu'aucune décision ne devrait être arrêtée quant aux puits admissibles à ces programmes tant que les processus du GIEC et du Protocole de Kyoto n'ont pas clairement défini les activités puits admissibles et les méthodologies qui y sont associées. Les réductions certifiées réalisées dans le cadre de projets CDM ou MOC devraient généralement être incluses dans le système CMH, mais il faut avant tout poursuivre les travaux afin de formuler des recommandations sur les aspects juridiques, de mise en application et de conception de tels programmes.

## 7.3 Comptabilisation et méthodologie

### 7.3.1 Niveau de référence, fuite et permanence

Comme nous l'avons mentionné précédemment, la portée des activités puits pouvant être entreprises aux fins de l'attribution de crédits nationaux pour mesures hâtives, des échanges nationaux, des EIDE et peut-être des projets MOC entre pays de l'annexe 1, est limitée aux termes de l'article 3. Mais, comme nous l'avons également souligné dans des chapitres précédents, il reste à définir certains termes du libellé de l'article 3.

Or, l'évaluation des mesures qui s'appuient sur des projets mis en place à l'échelle nationale aux fins des crédits pour mesures hâtives, des échanges nationaux, ou internationaux dans le cadre de projets MOC entre pays de l'annexe 1 et du MDP comporte une terminologie qui va bien au-delà de la portée de l'article 3. Deux termes importants propres aux mesures axées sur des projets sont : « niveau de référence » et « fuite ».

1. On entend par « niveau de référence d'un projet » les émissions qui seraient survenues en l'absence du projet. Il est crucial de déterminer un niveau de référence adéquat en tenant compte du critère de complémentarité, car c'est uniquement la différence nette entre les émissions et les absorptions résultant d'un projet qui devrait admissible à l'attribution de crédits. Par exemple, lorsqu'on alloue des crédits à un projet de mise en valeur des forêts, on devrait soustraire des stocks de carbone accrus du fait de la mise en œuvre du projet la quantité de carbone qui se serait régénérée naturellement en l'absence du projet.
2. On entend par « fuite » toute émission indirecte de GES ou diminution des stocks au-delà des limites du projet, mais résultant de sa mise en œuvre. Par exemple, si l'on protège une zone forestière qui doit être déboisée, cela peut entraîner le déboisement d'une autre zone ailleurs. De même, le boisement de terres agricoles existantes peut avoir comme répercussion le déboisement d'une zone forestière à un autre endroit en vue d'y entreprendre des cultures de remplacement. Les fuites posent particulièrement des problèmes dans le cas des projets visant l'affectation des terres, en raison des contraintes auxquelles la plupart des pays font face quant aux terres disponibles.

Il est possible que les fuites ne constituent pas autant un problème dans les pays de l'annexe 1 ou entre ces derniers, puisqu'ils ont fixé des objectifs à cet effet. Toutefois, dans le cas de projets MDP, qui sont mis en œuvre dans des pays non visés à l'annexe 1, les gains au profit de l'atmosphère pourraient être anéantis si la source d'émissions se trouvait à un endroit différent.

Les gains en GES découlant de projets puits (mis en œuvre soit à l'échelle nationale, soit dans le cadre de projets MOC entre pays de l'annexe 1 ou du MDP) peuvent être plus incertains et moins permanents que ceux résultant d'autres types de projets. En effet, l'un des risques les plus importants associés aux projets puits est l'annulation possible des gains en GES réalisés grâce à la mise en œuvre de ces projets. On utilise souvent le terme « permanence » pour désigner l'état des gains. Le carbone séquestré au cours de la croissance des plantes, ou qui s'accumule dans le sol, peut être libéré du fait du brûlage ou de la décomposition des plantes, ou d'une exploitation des terres qui entraînerait une diminution des stocks de carbone dans le sol. Les gains découlant de projets visant à protéger les forêts (c.-à-d. à éviter les rejets en évitant le déboisement) peuvent ne pas être permanents, étant donné

que les stocks de carbone des forêts protégées peuvent être menacés soit par l'activité humaine (opérations illégales de coupe et d'abattage), soit par des phénomènes naturels (feux provoqués par la foudre). Ces deux types de projets puits se distinguent par la non-permanence possible de leurs gains résultant de projets visant la réduction des GES dans d'autres secteurs, projets dont les émissions réduites ou évitées le sont de façon permanente. Reste à savoir qui est responsable lorsque les gains réalisés par des projets puits sont annulés? Le vendeur, l'acheteur ou une sorte de chambre de compensation?

La durée des projets joue un rôle déterminant dans l'évaluation des gains réels à long terme : les contrats qui au sens de la loi donnent lieu à des ententes commerciales ne durent pas indéfiniment, et il est impossible d'exiger qu'une terre soit toujours destinée au même usage spécifique.

Une autre question qui devra également être considérée est l'implication que représente le fait de permettre des activités dont les gains en carbone découlent d'un déboisement évité. Les projets de conservation des forêts visant à limiter les GES, en l'absence desquels un promoteur affirme que les forêts seraient déboisées, soulèvent deux questions importantes quant au moment où les gains sont réalisés et le risque de fuite des gains. Si un projet de conservation des forêts évite le déboisement qui aurait pu survenir au cours d'une longue période indéfinie, des décennies par exemple, à quel rythme attribue-t-on des crédits au promoteur du projet? Si l'on effectue la comptabilisation des GES sur la base de projets individuels, comment peut-on avoir la certitude que la mise en œuvre d'un projet de conservation des forêts à un endroit donné n'entraînera pas simplement du déboisement ailleurs? C'est ce genre d'incertitudes que le critère de complémentarité devrait également permettre de lever. Si le projet entraîne le déboisement d'une autre zone forestière dans un pays de l'annexe 1, cela figurera à l'inventaire national de cette Partie et sera pris en compte dans l'atteinte de son objectif. Dans le cas du MDP, aucun inventaire n'en ferait mention.

Toutes ces questions ont des implications importantes pour l'évaluation des stocks et des flux associés aux projets puits. Nous avons examiné certaines pratiques comptables (ou d'actualisation) qui soit considèrent que la séquestration du carbone par les puits s'apparente, de par sa nature, aux réductions des émissions des GES, soit s'efforcent de tenir compte des risques. À la section 7.3.2, nous verrons plus en détail ces pratiques possibles.

### 7.3.2 Calcul/estimation et comptabilisation des stocks et des flux de carbone

Pour assurer la fongibilité des réductions d'émission réalisées grâce à des projets puits, par rapport à celles résultant d'autres projets, ou entre différents mécanismes ou programmes, on peut avoir besoin de méthodes spéciales pour mesurer, surveiller, vérifier et/ou certifier les réductions d'émission et la séquestration du carbone découlant de projets puits.

Deux types de systèmes de comptabilisation de base sont nécessaires pour estimer les stocks et les flux de carbone associés aux activités puits conformément au Protocole de Kyoto : un système basé sur l'inventaire national et un autre axé sur les projets. Les systèmes basés sur les inventaires nationaux servent à démontrer dans quelle mesure les objectifs nationaux ont été atteints et à déterminer le degré d'engagement des parties dans un échange international d'UQA aux termes de l'article 17. Les systèmes s'appuyant sur des projets servent à estimer les réductions d'émission réalisées dans le cadre de la mise en œuvre de projets nationaux visant à limiter les GES en retour de crédits pour mesures hâtives et des échanges nationaux; la mise en œuvre de projets internationaux visant à limiter les GES par le biais de projets MOC entre pays de l'annexe 1 et du MDP. Nous avons traité au chapitre 5 de l'élaboration de systèmes efficaces de comptabilisation basés sur un inventaire national, qui tiennent adéquatement compte de la forêt de Kyoto, et de tout activité additionnelle aux termes du paragraphe 3.4. Il reste une question qui mérite une attention particulière dans ce chapitre : de quelle façon s'assure-t-on d'une certaine uniformité dans les méthodes de comptabilisation entre les inventaires nationaux et les projets puits?

Dans les systèmes de comptabilisation basés sur les projets, les gains annuels nets en carbone découlant de projets puits peuvent être calculés en utilisant l'approche des stocks ou des flux. On peut, par exemple, dans un projet de séquestration du carbone dans les sols agricoles mesurer de façon périodique les stocks de carbone dans les sols pour estimer les concentrations qui se sont accumulées au cours d'une certaine période (voir Étude de cas 3 : Projet visant la mise en valeur des sols en Saskatchewan). Toutefois, dans un projet axé sur le boisement, on peut utiliser soit l'approche des stocks en effectuant des mesures directes (c.-à-d. en estimant les volumes et les stocks de carbone dans les arbres à partir de prélèvements), soit une approche des flux dérivés basée sur les courbes de croissance

(c.-à-d. à partir d'estimations standard de la croissance annuelle, on estime le taux de séquestration annuel). En règle générale, lorsque l'on a recours à l'approche des flux pour comptabiliser les réductions découlant des projets, on utilise les flux dérivés plutôt que des mesures directes.

Les systèmes de comptabilisation basés sur des inventaires nationaux et des projets peuvent recourir à différentes approches pour évaluer les stocks possibles de carbone : biomasse aérienne, litière, biomasse racinaire, sols, produits ligneux et concentrations présentes dans les sites d'enfouissement. À l'échelle nationale, on peut estimer les stocks de carbone en utilisant des combinaisons de mesures sur le terrain (à partir d'équations allométriques ou d'un échantillonnage destructif), la télédétection ou la modélisation. La biomasse souterraine, le carbone du sol, les stocks de produits ligneux et les concentrations présentes dans les sites d'enfouissement sont généralement modélisés à partir de données sur la biomasse aérienne provenant de télédéTECTEURS, de mesures sur le terrain et de statistiques sur les récoltes. Toutefois, à l'échelle du projet : on estime souvent la biomasse aérienne à l'aide d'équations de régression de la biomasse en fonction de certaines essences qui établissent un rapport entre la biomasse et les dimensions mesurées des arbres : la biomasse racinaire est souvent estimée en relation avec la biomasse aérienne; la biomasse de la litière peut être échantillonnée directement tout comme la biomasse du sol (au besoin); les concentrations dans les produits ligneux sont modélisées en tenant compte du taux de décomposition établi à l'échelle nationale et celles dans les sites d'enfouissement peuvent également être modélisées à partir du taux établi à l'échelle du pays.

Alors que la grande portée des systèmes de comptabilisation basés sur les inventaires nationaux peut les priver de mesures directes des stocks de carbone et comporte une grande marge d'incertitudes, les projets à plus petite échelle permettent la prise de mesures plus directes de certains stocks de carbone. Toutefois, l'estimation des changements nets dans les bassins de produits ligneux et des concentrations présentes dans les sites d'enfouissement peut être plus précise à l'échelle nationale qu'à celle du projet. Un exemple de l'évaluation des stocks de carbone dans le cadre de projets puits canadiens actuellement en cours est l'Étude de cas 1, relative au Projet forestier de compensation de réductions de carbone et l'Étude de cas 2, relative au Projet de mise en valeur des sols, en Saskatchewan.

Contrairement aux systèmes de comptabilisation basés sur les inventaires nationaux, les systèmes à l'échelle d'un projet sans plafond d'émissions nécessitent l'établissement d'un niveau de référence d'un projet représentant le « statu quo » en matière d'émissions (c.-à-d. la quantité d'émissions rejetées en l'absence du projet). Il s'avère qu'un tel niveau doit être fixé pour les projets tant nationaux qu'internationaux. Dans les deux cas, les promoteurs de projets doivent disposer d'un niveau de référence non seulement pour mesurer les gains en carbone résultant de leur projet par rapport au « statu quo », mais également pour montrer que les gains découlant de leur projet n'auraient pas été réalisés en son absence (« statu quo »). Diverses approches peuvent être utilisées pour déterminer le niveau de référence d'un projet. Il peut être basé sur des données passées, actuelles ou futures; établi aux échelles multinationale, nationale, régionale ou du projet; fixe ou modifié en cours de route. Étant donné que les niveaux de référence représentent une situation hypothétique qui ne surviendra jamais, il peut être très difficile pour le promoteur d'un projet d'établir un niveau de référence crédible et pour un vérificateur de s'assurer qu'il est approprié.

L'établissement d'un niveau de référence pour les puits, notamment dans le cas de projets forestiers, peut être particulièrement complexe. Les facteurs socio-économiques à l'origine des activités axées sur l'affectation des terres et les changements d'affectation des terres étant nombreux et complexes, les prévisions s'avèrent incertaines. De plus, les projets axés sur les puits forestiers durent généralement longtemps, parfois plusieurs voire de nombreuses décennies, d'où la nécessité de disposer de prévisions à très long terme. Par exemple, pour établir un niveau de référence dans le cas d'un projet de conservation des forêts, on doit pouvoir estimer à quelle vitesse la forêt se serait éclaircie en l'absence du projet. Si l'on s'attendait à ce que les tendances passées ou actuelles du déboisement se maintiennent dans l'avenir, on pourrait alors projeter la vitesse du déboisement à partir de ces données. En revanche, si la vitesse du déboisement futur suivait une nouvelle tendance du fait de facteurs tels que la croissance de la population, de changements sur les marchés des produits du bois d'œuvre et de l'agriculture ou des catastrophes naturelles (p. ex., feux, orages intenses et insectes ravageurs), l'extrapolation des tendances passées dans l'avenir ne donnerait donc pas un niveau de référence crédible. Dans ce cas, les impacts cumulatifs de ces facteurs pourraient être modélisés pour déterminer un niveau de référence. Vous trouverez une brève description des méthodes de comptabilisation du carbone utilisées dans le cadre d'un projet AMOC de conservation des forêts à l'Étude de cas 4 relative à un Projet de zones protégées au Costa Rica.



Les fuites non détectées peuvent également contribuer aux irrégularités entre la façon dont on alloue des crédits à des projets et celle dont on fait figurer les résultats obtenus à la faveur des projets dans les inventaires nationaux. Comme nous l'avons mentionné précédemment, les gains découlant d'un projet visant à préserver, conserver ou régénérer les stocks de carbone à un endroit donné peuvent être annulés si des pressions résultant de cette diminution des stocks de carbone s'exerçaient simplement à d'autres endroits à l'extérieur des limites du projet. Par exemple, si un projet visant le boisement d'une terre agricole dégradée dans une région du Canada entraîne la conversion accrue de forêts en terres agricoles dans une autre région, les gains nets découlant du projet ne seraient pas reflétés dans l'inventaire national. Les fuites peuvent survenir aux échelles locale, régionale, nationale ou internationale, et peuvent être difficiles à détecter et à mesurer. Parmi les options visant les impacts associés aux fuites, on envisage d'appliquer une sorte de taux d'actualisation aux projets puits pour compenser les fuites non détectées, de prendre des mesures pour réduire le potentiel de fuites et de mettre en place des activités de surveillance pour mieux les détecter et les mesurer. À titre d'exemples, voir l'Étude de cas 2 relative au Projet de Réserve de la biosphère Sierra Gorda au Mexique et l'Étude de cas 4 relative au Projet de zones protégées au Costa Rica.

Nous avons abordé au chapitre 3 une question pertinente à l'échelle tant des pays que d'un projet, soit les modalités de comptabilisation des gains en carbone donnant droit à des crédits résultant de projets visant des récoltes périodiques, le reboisement ou la régénération. Deux méthodes ont été suggérées : la méthode « en temps réel » et la méthode de la biomasse moyenne sur pied. Avec la première méthode, les débits relatifs à la récolte doivent être comptabilisés au fur et à mesure et sont donc couverts d'une façon ou d'une autre. La deuxième méthode permet l'attribution de crédits aux projets jusqu'à concurrence de l'augmentation moyenne du carbone dans la biomasse d'un peuplement forestier (LeBlanc, 1999). La comptabilisation du carbone stocké dans les produits ligneux est une question connexe.

Il n'est pas nécessaire de prendre en compte tous les bassins de carbone (biomasse aérienne, biomasse souterraine, sol, litière, produits ligneux) dans un projet. Par contre, la taille du bassin, le rythme et le sens des changements sont des facteurs à considérer. Si, par exemple, le changement d'orientation d'un bassin est négatif (c.-à-d. que le bassin est en train de devenir une source), il doit alors être mesuré. Il en va de même lorsque les changements sont considérables ou rapides. Le coût des transactions peut être réduit en élaborant des règles qui permettraient à l'investisseur de déterminer s'il vaut la peine d'engager des coûts en vue d'obtenir des crédits de C additionnels (LeBlanc, 1999).

Une proposition mise de l'avant par la Table canadienne des crédits pour mesures hâtives s'applique particulièrement aux projets puits, c'est-à-dire l'établissement d'un calendrier de primes à la réduction. En substance, ce type de calendrier consiste en une série limitée de mesures ouvrant droit à des crédits, selon une évaluation quantitative de chacune d'elle à partir d'un protocole ou de facteurs spécifiques. Le calendrier servirait à attribuer des crédits à des mesures (projets ou activités), et non à des réductions réelles d'émission. Il peut également être une façon pratique d'allouer des crédits à des projets de séquestration du carbone ou de protection des forêts, bien que la grande variabilité du taux de séquestration du carbone entre les différents régimes climatiques et systèmes de gestion, ainsi que les incertitudes relatives aux projections du taux de déboisement, pourraient compliquer le processus d'élaboration des protocoles.

L'expérience acquise dans le cadre des AMOC montre que, de façon générale, les vendeurs tiennent compte de la question de permanence dans la conception des projets. Des projets visant la protection des forêts, par exemple, peuvent comporter des mesures d'aménagement pour les protéger contre des incendies ou des activités de coupe illégales. Une autre approche utilisée consiste à garder en réserve une partie des gains totaux en carbone en cas de pertes additionnelles du carbone stocké. La partie gardée en réserve pourrait prendre la forme d'une portion des terres visées par le projet (voir Étude de cas 4, Projet des zones protégées), au quel cas le carbone contenu dans les zones réservées pourrait être utilisé en remplacement si une partie du carbone de la zone principale est libérée, du fait d'activités humaines ou d'un processus naturel. Une autre possibilité serait de retenir une ou des composantes des stocks de carbone de toute la zone de projet (voir Étude de cas 2, Projet relatif à Réserve de la biosphère Sierra Gorda). Le cas échéant, les composantes du carbone mises en réserve pourraient être utilisées si une partie du carbone de la zone principale était libérée. À terme, cependant, il n'existe aucune garantie que le carbone stocké dans les bassins biotiques y demeureront indéfiniment.

Une autre option suggère d'établir un nombre d'années minimum pendant lesquelles le carbone stocké est considéré comme « permanent » (p. ex., 50 ans). Prenons un autre exemple, soit le concept de tonne-année. Dans un récent rapport, on a suggéré que l'incidence sur le forçage radiatif de la séquestration d'une tonne de dioxyde de carbone

atmosphérique pendant 55 ans peut être considéré comme comparable à l'incidence de l'émission d'une tonne de carbone due à la combustion de combustibles fossiles (Moura et Wilson, sous presse). À l'heure actuelle, aucune convention n'a réuni de consensus.

Ces questions de comptabilisation soulignent la nécessité d'élaborer des lignes directrices standard pour la comptabilisation des GES dans le cas de projets puits de manière à limiter les écarts entre la façon dont les promoteurs de projets estiment les gains qu'ils réalisent et, au besoin, la façon dont ces gains sont reflétés dans l'inventaire national.

Dans l'élaboration de lignes directrices pour la comptabilisation des GES dans le cadre de projets, les Parties peuvent tirer profit de l'expérience acquise au cours de la phase pilote AMOC. Parmi les 95 projets AMOC qui avaient officiellement été approuvés par l'Organe exécutif de la CCCC en octobre 1998, 14 sont classés comme des projets axés sur l'affectation des terres et la foresterie ou l'agriculture. De ce nombre, onze visent la conservation, le reboisement ou la restauration des forêts, et les trois autres portent respectivement sur le boisement, l'agroforesterie et l'accumulation du carbone dans les sols agricoles. Trois projets seulement sont mis en œuvre dans des pays en transition, dont deux dans la Fédération de Russie et un en République tchèque. Ces 14 projets sont parrainés conjointement par seulement trois pays investisseurs de l'annexe 1 : les Pays-Bas, la Pologne et les États-Unis (CCCC, 1998). Cependant, d'autres Parties fournissent une assistance technique et financière à ces projets, et d'autres projets AMOC dans ces secteurs, qui n'ont pas encore reçu l'approbation officielle, ont été mis en œuvre par des Parties. Les méthodes de comptabilisation utilisées dans le cadre de ces projets, dont bon nombre sont résumées dans les rapports annuels présentés à l'Organe exécutif de la CCCC, constituent un point de départ intéressant pour élaborer des lignes directrices à l'échelle d'un projet dans le cas de projets puits mis en œuvre aux termes du Protocole de Kyoto (EPA, États-Unis, 1998).

#### 7.4 Projets puits et développement durable

L'une des principales raisons pour inclure les projets puits, de même que les projets MOC entre pays de l'annexe 1 et le MDP, dans les efforts de limitation des GES est que l'on considère que, outre les gains réalisés en matière de réduction des GES, la protection et le renforcement des puits et des réservoirs de carbone s'inscrivent dans le contexte du développement durable de la plupart des Parties. Toutes les Parties, visées ou non par l'annexe 1, reconnaissent que les activités telles que la préservation des forêts, le boisement, le reboisement, la coupe d'arbres à incidence réduite et le stockage du carbone dans les sols agricoles sont autant de moyens rentables pour contrebalancer les émissions de CO<sub>2</sub>, assurer la productivité à long terme des ressources forestières et agricoles et réaliser des gains additionnels importants en matière de protection des bassins versants, de conservation de la diversité biologique et de limitation de la désertification. Dans le cas de certains pays en développement, en particulier, où l'affectation des terres et les pressions économiques entraînent un déboisement accéléré, les investissements internationaux dans des projets puits en vue de limiter les GES peuvent fortement les inciter à utiliser des ressources forestières réduites d'une manière durable. Les projets MDP étant conçus pour concourir à l'atteinte des objectifs de développement durable du gouvernement d'un pays hôte, certaines Parties ont affirmé que les pays hôtes devraient pouvoir mettre en œuvre des projets puits en vertu de l'article 12.

Toutefois, certains pays en développement craignent que, dans le cas de ressources naturelles critiques, les projets forestiers de compensation entrent en conflit avec la souveraineté ou les compétences nationales. De plus, ces projets étant de longue durée, ils pourraient imposer un régime d'affectation des terres qui serait maintenu pendant des décennies. Enfin, on craint également que des projets non durables, comme la plantation d'essences à croissance rapide, aient des effets nuisibles sur la diversité biologique.

Comme nous l'avons mentionné précédemment, l'admissibilité des projets puits conformément aux articles 6 et 12 aura une incidence sur l'attribution d'URE à l'échelle internationale (projets MOC entre pays de l'annexe 1) et de CREC (MDP) que le Canada pourrait acquérir. Si les puits sont inclus dans le MDP, si les projets MOC et le MDP assurent une grande couverture (c.-à-d. qu'on tient compte de toutes les composantes de la biomasse et du sol, notamment les projets visant la protection des forêts) et si les exigences de mesure, de surveillance, de vérification et/ou de certification ne sont pas trop coûteuses, cela pourrait inciter fortement à développer des projets puits dans d'autres pays. Les taux relativement élevés de séquestration du carbone et les coûts relativement bas liés à l'utilisation des terres et à la main-d'œuvre dans les pays en développement (et peut-être dans les pays en transition) devraient rendre les projets puits particulièrement intéressants pour les investisseurs.



Un argument contre l'utilisation de projets puits dans la limitation des GES est l'offre possible d'un grand nombre de crédits relativement économiques découlant de projets puits, notamment dans les pays en développement, ce qui pourrait décourager les Parties de l'annexe I de réaliser des réductions plus coûteuses des émissions du secteur de l'énergie. Dans le contexte du Protocole de Kyoto, il pourrait y avoir un compromis entre la promotion d'une utilisation durable, d'une part, des ressources forestières et agricoles et, d'autre part, des ressources énergétiques. On s'inquiète également du fait que les projets de boisement visant l'établissement de plantations pourraient effectivement nuire à la diversité biologique. Certaines Parties ont exprimé des mises en garde contre les échappatoires du Protocole de Kyoto qui pourraient favoriser l'établissement de monocultures d'essences commerciales au détriment des forêts indigènes, réduisant ainsi la diversité biologique de la flore et de la faune.

Les projets MDP qui comprennent la production de bois d'œuvre pourraient avoir un impact substantiel sur le commerce international du bois d'œuvre et de ses produits dérivés. Les projets visant la récolte, le boisement et le reboisement, ou même la préservation, pourraient entraîner une hausse des approvisionnements en bois d'œuvre en provenance de pays en développement. Les Parties exportatrices de l'annexe I, comme le Canada, devraient accorder une attention particulière à ces changements potentiels du marché.

## 7.5 Conclusions et études de cas

En conclusion, il reste encore à prendre des décisions importantes à l'échelle internationale quant au traitement des puits et des projets puits dans le cadre du Protocole de Kyoto. Ces décisions auront une incidence sur l'application des projets MOC entre pays de l'annexe I, les projets MDP et l'EIDE, de même que sur l'établissement de systèmes nationaux de crédits pour mesures hâtives et d'échanges.

Au nombre des questions clés à régler figurent les suivantes :

1. Les projets puits mis en œuvre dans le cadre de projets MOC entre pays de l'annexe I (article 6) sont-ils limités par les paragraphes 3.3 et 3.4?
2. Les projets puits devraient-ils être inclus dans les projets MDP (article 12)? Si oui, devraient-ils être limités par les paragraphes 3.3 et 3.4, et/ou être conformes à l'article 6 ou inclure tout autre projet?
3. De quelle façon peut-on tenir compte des niveaux de référence, de la complémentarité, des fuites et de la permanence dans les exigences et la structure d'un projet en vue de minimiser les pertes de gains et les coûts de transaction?
4. À la lumière des incertitudes actuelles relatives à l'article 3, de quelle façon les Parties de l'annexe I peuvent-elles déterminer quels projets puits peuvent ouvrir droit à des crédits dans le cadre d'un système national d'échanges et de « mesures hâtives »? Le Canada devrait-il accorder des crédits pour mesures hâtives à des projets puits nationaux qui pourraient éventuellement ne pas être admissibles en vertu du Protocole de Kyoto? Les gains potentiels découlant de ces projets, en termes de renforcement des capacités, de participation des intervenants clés et de développement durable, pourraient-ils être supérieurs aux coûts éventuels de la mise en œuvre d'autres activités en vue d'obtenir des crédits, si ces projets étaient refusés en vertu du Protocole de Kyoto?
5. Dans quelle mesure des entités canadiennes participeront-elles directement à des projets MOC entre pays de l'annexe I et des projets MDP? Les projets puits sont-ils susceptibles de les intéresser? Il est également nécessaire d'examiner l'intérêt que présentent les échanges nationaux dans le cas de la séquestration d'après les résultats du Projet forestier de compensation des réductions du carbone qui fait actuellement l'objet d'une étude par le PÉRÉG (Étude de cas 1).
6. Quelles leçons peut-on tirer des AMOC actuelles ou passées? Si l'on accorde des crédits aux AMOC conformément aux articles 6 et 12 ou autres mécanismes du Protocole de Kyoto, il faudra prévoir des dispositions pour aplanir les écarts dans le traitement des puits entre AMOC, projets MOC entre pays de l'annexe I et le MDP.

## Études de cas

### Étude de cas 1

**Titre :** Projet forestier de compensation de réductions du carbone

**Emplacement :** Centre-est de la Saskatchewan

**Type :** Reboisement et préservation de la forêt

**Mécanisme :** Échange national/crédits pour mesures hâtives

**Gains projetés :** 22 000 000 t CO<sub>2</sub> sur 50 ans (commençant en octobre 1999)

**Description :** Dans une entente entre la Division des écosystèmes forestiers, du ministère de l'Environnement et de la Gestion des ressources et la Saskatchewan Power Corporation :

- ≡ 3 333 ha de terres insuffisamment régénérées dans le centre-est de la Saskatchewan seront reboisées sur une période de quatre ans, à compter d'octobre 1999.
- ≡ 178 000 ha de forêt seront retirés des zones visées par l'Entente de gestion forestière et ajoutés aux Réserves forestières de carbone.

**Plan de surveillance :** Une estimation de la biomasse aérienne sera effectuée tous les cinq ans sur des parcelles de terrains déterminées à l'aide d'équations relatives à la biomasse d'essences spécifiques. Est exclus de cette estimation le carbone du sol et de la litière.

**Protection contre les fuites et autres impacts :** Programmes provinciaux de lutte contre les incendies de forêt et les ravageurs.

- Questions :**
1. Les terres insuffisamment régénérées se seraient-elles régénérées en l'absence du projet (niveau de référence)?
  2. Le niveau de référence pose-t-il un problème?
  3. Qu'en est-il de la complémentarité?
  4. Considère-t-on que la récolte entraîne une diminution du carbone stocké?
  5. L'interdiction de récolter à un endroit donné aura-t-elle pour effet d'intensifier la récolte ailleurs?
  6. De quelle façon les gains en carbone découlant de ce projet seront-ils reflétés dans l'inventaire national des GES du Canada?

**Statut :** fait actuellement l'objet d'un examen du PÉRÉG  
(<http://www.gert.org/listings/>)

## Étude de cas 2

**Titre :** Boisement et protection en permanence des terres boisées de la Réserve de la biosphère Sierra Gorda

**Emplacement :** Centre du Mexique

**Type :** Boisement et préservation de la forêt

**Mécanisme :** Mécanisme du développement propre

**Gains projetés :** 25 000 t CO<sub>2</sub> d'ici 2010, 645 400 t CO<sub>2</sub> sur 100 ans (commençant à une date à déterminer)

**Description :** La Fiducie foncière Joya del Hielo, qui travaille de concert avec l'ONG chargée de la gestion de la Réserve de la biosphère Sierra Gorda, veillera à la protection de 600 ha de terres agricoles dégradées et de 600 ha de forêts matures. On laissera les terres dégradées se régénérer naturellement.

**Plan de surveillance :** La biomasse aérienne et racinaire de certaines parcelles de terre sera estimée tous les dix ans à l'aide d'équations relatives à la biomasse spécifique à certaines essences. On surveillera les concentrations de carbone du sol et de la litière au début du projet, et elles seront mesurées au cours des années subséquentes s'il est nécessaire de couvrir des pertes ou des fuites.

**Protection contre les fuites et autres impacts :** La séquestration du carbone dans le sol et dans la litière, qui selon les estimations représente 53 % de la concentration totale de carbone par hectare, servira à couvrir toute diminution résultant des pertes ou des fuites.

**Questions :**

1. Les puits sont-ils acceptés aux termes du MDP?
2. La régénération naturelle est-elle acceptable? (c.-à-d. est-elle considérée comme une activité anthropique?)
3. La protection de certaines terres agricoles entraînera-t-elle un déboisement ailleurs?

**Statut :** À la recherche d'un investisseur.

(<http://www.woodrising.com/woodrise/offsets.htm>)

**Étude de cas 3**

**Titre :** Projet de mise en valeur des sols en Saskatchewan

**Emplacement :** Saskatchewan

**Type :** Pratiques agricoles durables

**Mécanisme :** Échange national/crédits pour mesures hâtives

**Gains projetés :** 733 000 à 1 100 000 t CO<sub>2</sub> par année (en cours depuis 1992, durée incertaine)

**Description :** Entre 1993 et 1997, la Saskatchewan Soil Conservation Association et un consortium d'entreprises canadiennes ont fourni des services éducatifs et d'appoint qui ont encouragé la pratique du semis direct dans le milieu agricole. À ce jour, l'exploitation d'environ trois millions d'hectares est passée de pratiques agricoles traditionnelles au semis direct.

**Plan de surveillance :** Échantillonnage et analyse annuels des sols.

**Protection contre les fuites et autres impacts :** non publié

- Questions :**
1. Les terres agricoles seront-elles visées par l'article 3 du Protocole de Kyoto?
  2. La séquestration du carbone par les sols est-elle mesurable à court terme?
  3. Le niveau de référence est-il un problème?
  4. Les mesures hâtives seront-elles acceptées?
  5. Certaines dispositions assurent-elles une protection contre les fuites et la non permanence?

**Statut :** En cours (et enregistré comme une mesure de compensation dans les plans d'action des entreprises participantes).

**Étude de cas 4**

**Titre :** Consolidation territoriale et financière de parcs nationaux et de réserves biologiques du Costa Rica (Projet de zones protégées)

**Emplacement :** Costa Rica

**Type :** Préservation des forêts

**Mécanisme :** Activités mise en œuvre conjointement

**Gains projetés :** 57 000 000 t CO<sub>2</sub> sur 25 ans (début du projet : janvier 1998)

**Description :** Le ministère de l'Environnement et de l'Énergie du Costa Rica, la Fondation des parcs nationaux du Costa Rica et l'Earth Council Foundation du Costa Rica et des États-Unis collaborent actuellement à l'enregistrement de 530 500 hectares de forêts et de pâturages en tant que composantes du patrimoine national forestier du Costa Rica. Ces terres ont déjà le statut de parcs nationaux et de réserves biologiques, mais elles ne sont pas été enregistrées à ce titre pour diverses raisons, dont des différends immobiliers et l'absence de fonds pour finaliser des transferts de propriété. Tant que les terres ne sont pas enregistrées, elles sont vulnérables au déboisement ou à la dégradation. Le projet prétend réaliser des gains en carbone en évitant le déboisement de forêts vierges et la séquestration du carbone dans les forêts secondaires et les pâturages. Dans les forêts vierges, le taux de déboisement présumé dans le scénario de référence pour chaque parcelle s'appuie sur le taux de déboisement des zones avoisinantes au cours des 13 années antérieures au projet, avec une modification systématique pour refléter le statut courant foncier de ces parcelles. Dans les forêts secondaires et les pâturages, le scénario de référence consiste en un changement net nul des stocks de carbone. Le projet évalue les stocks de carbone suivants : biomasse des arbres, biomasse du sous-étage, litière, matière organique du sol et produits ligneux. Le projet comprend également la construction d'un Centre de la Terre (Earth Center) : un endroit regroupant des activités résidentielles, commerciales et professionnelles axées sur la promotion de services éducatifs destinés au public, le secteur du divertissement et l'écotourisme. Le projet a été financé grâce à une contribution initiale du Conseil de la Terre et de la Fondation des parcs nationaux du Costa Rica, et aux profits réalisés par la vente d'unités certifiées de compensation échangeables (CTO) à partir des gains en carbone découlant du projet. Chaque CTO représente une tonne métrique de carbone. La vente des CTO est gérée par le Centre Financial Products Ltd.

**Plan de surveillance :** L'entreprise SGS Forestry, qui est accréditée auprès du Forest Stewardship Council, a mis au point un système de surveillance et en vérifiera l'utilisation au moins une fois par année. Les activités de surveillance incluent des études semestrielles sur le terrain pour estimer les stocks de biomasse et les taux de croissance de la biomasse; une analyse des images satellitaires de la zone du projet doit être effectuée au trois ans. SGS Forestry a également conçu un logiciel pour la surveillance des stocks de carbone. Les activités de surveillance seront sous la responsabilité du Système national des zones de conservation du Costa Rica et de la Fondation des parcs nationaux du Costa Rica.

**Protection contre les fuites et autres impacts :** Le Projet des zones protégées est actuellement mis en œuvre conjointement avec le Projet forestier du secteur privé et un projet AMOC, mené conjointement par le Costa Rica et la Norvège, qui vise à inciter les propriétaires terriens à appuyer leurs activités de boisement, de même que la conservation et la gestion durable de forêts naturelles dans des régions prioritaires. Ces deux projets, qui visent des terres nationales tant privées que publiques, contribuent à assurer une protection contre la perte de gains à l'échelle nationale. Les CTO sont approuvées à mesure que des activités de consolidation sont mises en œuvre et représentent donc des projections de la séquestration future. Pour limiter les impacts liés à la production de CTO, le Projet visant les zones protégées garde en réserve environ 15 % des gains en carbone. SGS Forestry garantit que les CTO découlant du Projet de zones protégées ne présentent aucun risque d'application à 98 %.

**Questions :**

1. La méthode de comptabilisation du carbone à l'échelle nationale offre-t-elle un niveau acceptable de précision dans l'estimation des gains en carbone?
2. Des modalités de comptabilisation uniques devraient-elles s'appliquer à tous les projets de



préservation des forêts au Costa Rica, y compris ceux qui sont antérieurs au Projet des zones protégées?

3. Le Projet de zones protégées pourrait-il être inclus dans le MDP?

**Statut :** En cours (Chacon *et al.*, 1998; No buyers yet, 1998; Environmental Protection Agency des États-Unis, 1998).

## 8. CONCLUSION

Un certain nombre d'observations critiques peuvent être déduites du Rapport sur les options. La contribution nette dans un scénario de « maintien du statu quo » des activités de reboisement, boisement et déboisement au cours de la période 2008-2012 pourrait être substantielle, soit comme source soit comme puits, en fonction essentiellement de l'issue des négociations internationales sur les définitions. La question des définitions devrait être réglée, au plus tôt, à la CdP6 à la fin de 2000. Par conséquent, les impacts nets sur les objectifs qu'auraient l'affectation des terres, le changement d'affectation des terres et la foresterie au cours de la première période d'engagement et des suivantes sera déterminé par l'issue de ces négociations. Enfin, étant donné les importantes lacunes des données et les besoins en informations de base, les estimations sont incomplètes et entachées d'incertitudes; il sera donc nécessaire d'apporter des raffinements et d'effectuer des recherches.

En ce sens, nos conclusions ne diffèrent pas des observations formulées dans le Document de base de la Table. Cependant, les travaux de la Table, en collaboration avec la Table du secteur forestier, ont mis en évidence que les puits restent un élément très important pour les intérêts du Canada dans l'élaboration tant de sa stratégie pour les négociations internationales que de sa stratégie nationale de mise en œuvre. Le changement d'affectation des terres et la foresterie pourraient aider le Canada à atteindre ses objectifs, mais ils posent aussi des défis.

Le tableau 8.1a résume les absorptions/émissions nette de CO<sub>2</sub> qui pourraient être associées aux activités de reboisement, boisement et déboisement dans une situation de maintien du statu quo et avec des mesures de boisement accrues. Selon que le reboisement sera défini comme un re-boisement (changement d'affectation des terres) ou comme une régénération après la récolte (sans changement d'affectation des terres), la contribution nette des activités RBD au cours de la première période d'engagement dans le scénario de maintien du statu quo devrait être une source de 3 à 19 Mt CO<sub>2</sub> dans le premier cas ou passer d'une source de 21 Mt à un puits de 10 Mt CO<sub>2</sub> dans le second. On ne dispose pas d'estimations pour la deuxième période d'engagement mais, si nous supposons que les niveaux de déboisement restent les mêmes, le maintien du statu quo se traduirait dans le premier cas par une source de 3 à 19 Mt et dans le second par le passage d'une source de 5 Mt à un puits de 22 Mt CO<sub>2</sub>.

Pour les diverses raisons décrites dans l'Introduction et au chapitre 3, la Table n'a pas pu évaluer les actions visant à accroître le reboisement ou diminuer le déboisement. En règle générale, l'information et les données sont trop éparses et incertaines pour que l'on puisse en tirer des évaluations valides des effets des actions qui influeraient sur le reboisement et le déboisement. Les travaux d'analyse menés conjointement avec la Table du secteur forestier se sont beaucoup attachés à évaluer le potentiel de séquestration et le coût de diverses mesures de boisement. Les options de boisement diffèrent de la plupart de celles évaluées par les tables nationales de concertation, en ce sens que les avantages d'un programme canadien de boisement seraient à relativement long terme. En fait, avec des mesures de boisement telles que celles évaluées dans le présent rapport, le gain net par rapport au MSQ présenté plus haut serait d'environ 2 Mt CO<sub>2</sub> sur la première et la deuxième périodes. L'effet de la plantation d'essences à croissance rapide au cours de la deuxième période d'engagement est très incertain et dépend de la comptabilisation sur le site et hors site du carbone des arbres récoltés, qui ne fait pas encore l'objet d'une entente sur le plan international.

Alors que le boisement a le potentiel de nous aider à atteindre notre objectif, son impact resterait limité pendant la première période, puisque les arbres auraient au maximum douze ans en 2012 s'ils étaient plantés l'année prochaine. Un report de ces actions abaisserait proportionnellement les gains nets de séquestration attendus au cours de la période. Bien qu'exigeant des coûts initiaux élevés, le boisement aurait au cours des périodes d'engagement subséquente un impact net plus élevé et à un moindre coût par tonne. En 2020, 2,9 Mt CO<sub>2</sub> par an pourraient être séquestrées via la plantation d'espèces traditionnelles au cours de la période 2001-2015 et, en 2050, ce montant pourrait atteindre 7,5 Mt CO<sub>2</sub>. La Table recommande que des mesures soient immédiatement adoptées en vue de la mise en œuvre de programmes de boisement au moyen à la fois d'essences à croissance rapide et d'essences traditionnelles. Cependant, la plantation d'arbres sur des terres agricoles ne sera pas une tâche facile. La mise en œuvre de mesures de boisement est confrontée à de nombreux obstacles qui doivent être examinés et levés; ceci exigera une planification considérable.

## **IMPORTANT NOTE CONCERNING THE FOLLOWING PAGES**

**THE PAGES WHICH FOLLOW HAVE BEEN FILMED  
TWICE IN ORDER TO OBTAIN THE BEST  
REPRODUCTIVE QUALITY**

**USERS SHOULD CONSULT ALL THE PAGES  
REPRODUCED ON THE FICHE IN ORDER TO OBTAIN  
A COMPLETE READING OF THE TEXT.**

---

## **REMARQUE IMPORTANTE CONCERNANT LES PAGES QUI SUIVENT**

**LES PAGES SUIVANTES ONT ÉTÉ REPRODUITES EN  
DOUBLE AFIN D'AMÉLIORER LA QUALITÉ DE  
REPRODUCTION**

**LES UTILISATEURS DOIVENT CONSULTER TOUTES  
LES PAGES REPRODUITES SUR LA FICHE AFIN  
D'OBTENIR LA LECTURE DU TEXTE INTÉGRAL**

Tableau 8.1a Résumé des absorptions/émissions nettes de CO<sub>2</sub> (Mt CO<sub>2</sub>) dues au reboisement, au boisement et au déboisement, avec et sans intervention

Activité	2008-2012 (Mt CO <sub>2</sub> )	2013-2017 (Mt CO <sub>2</sub> )	2018-2022 (Mt CO <sub>2</sub> )
<b>Boisement MSQ</b>	Négl.	Négl.	Négl.
<b>Reboisement MSQ</b> 1. Re-boisement OU 2. Régénération (après récolte) <sup>1</sup>	0 -2 à 13	0 14 à 25	0 37 à 42
<b>Déboisement MSQ</b>	-3 à -19 <sup>3</sup>	n.d.	n.d.
<b>TOTAL NET DES RBD - MSQ</b> <b>1. Re-boisement OU</b> <b>2. Régénération (après récolte)</b>	<b>-3 à -19</b> <b>-21 à 10</b>	<b>n.d.</b>	<b>n.d.</b>
<b>Interventions de boisement</b> - Croissance rapide (2001-2015) - Traditionnelles (2001...)	1,3 0,8	? <sup>2</sup> 1,8 *	? 2,9
<i>Sous-total</i>	<i>2,1</i>	<i>1,8</i>	<i>2,9</i>
<b>Intervention de reboisement accru</b>	n.d.	n.d.	n.d.
<b>Déboisement réduit</b>	n.d.	n.d.	n.d.
<b>TOTAL NET DES RBD - MSQ NET + ACTIONS ACCRUES</b> <b>1. Re-boisement OU</b> <b>2. Régénération (après récolte)</b>	<b>-1 à -17</b> <b>-19 à 12</b>	<b>n.d.</b>	<b>n.d.</b>

n.d. : non disponible

MSQ: maintien du statu quo (pas de nouvelles actions)

Les émissions sont indiquées par le signe moins.

1. Valeur basse : tous les bassins du carbone (aériens et souterrains, litière et sols); valeur haute : aériens seulement.
2. La rotation des essences à croissance rapide est beaucoup plus courte que celle des essences traditionnelles; le devenir du C récolté soulève des problèmes de comptabilisation pour la deuxième période d'engagement.
3. Une autre estimation des émissions de CO<sub>2</sub> de l'éclaircissement des forêts va de 9 à 14 Mt CO<sub>2</sub> par an (voir le chapitre 3), mais il est impossible de confirmer que cette hypothèse soit plus certaine.

Le tableau 8.1b résume les estimations du potentiel de séquestration pour des catégories qui ne sont pas encore reconnues comme des puits possibles par le Protocole de Kyoto, soit les sols agricoles, la forêt aménagée et la conservation des bassins de milieux humides. Les estimations concernant la forêt aménagée (ou la forêt qui est commercialement productive, accessible et non réservée) sont très incertaines. Il faudra examiner plus avant si la forêt aménagée est une source ou un puits pour étayer la position de négociation du Canada quant à l'inclusion éventuelle d'autres catégories forestières. Les impacts sur les milieux humides ne peuvent pas présentement être évalués en termes d'avantages sur le plan de la séquestration. Cependant, certaines zones riveraines de milieux

Tableau 8.1a Résumé des absorptions/émissions nettes de CO<sub>2</sub> (Mt CO<sub>2</sub>) dues au reboisement, au boisement et au déboisement, avec et sans intervention

Activité	2008-2012 (Mt CO <sub>2</sub> )	2013-2017 (Mt CO <sub>2</sub> )	2018-2022 (Mt CO <sub>2</sub> )
<b>Boisement MSQ</b>	Négl.	Négl.	Négl.
<b>Reboisement MSQ</b> 1. Re-boisement OU 2. Régénération (après récolte) <sup>1</sup>	0 -2 à 13	0 14 à 25	0 37 à 42
<b>Déboisement MSQ</b>	-3 à -19 <sup>3</sup>	n.d.	n.d.
<b>TOTAL NET DES RBD - MSQ</b> <b>1. Re-boisement OU</b> <b>2. Régénération (après récolte)</b>	<b>-3 à -19</b> <b>-21 à 10</b>	<b>n.d.</b>	<b>n.d.</b>
<b>Interventions de boisement</b> - Croissance rapide (2001-2015) - Traditionnelles (2001...)	1,3 0,8	? <sup>2</sup> 1,8 *	? 2,9
<i>Sous-total</i>	<i>2,1</i>	<i>1,8</i>	<i>2,9</i>
<b>Intervention de reboisement accru</b>	n.d.	n.d.	n.d.
<b>Déboisement réduit</b>	n.d.	n.d.	n.d.
<b>TOTAL NET DES RBD - MSQ NET + ACTIONS ACCRUES</b> <b>1. Re-boisement OU</b> <b>2. Régénération (après récolte)</b>	<b>-1 à -17</b> <b>-19 à 12</b>	<b>n.d.</b>	<b>n.d.</b>

n.d. : non disponible

MSQ : maintien du statu quo (pas de nouvelles actions)

Les émissions sont indiquées par le signe moins.

1. Valeur basse : tous les bassins du carbone (aériens et souterrains, litière et sols); valeur haute : aériens seulement.
2. La rotation des essences à croissance rapide est beaucoup plus courte que celle des essences traditionnelles; le devenir du C récolté soulève des problèmes de comptabilisation pour la deuxième période d'engagement.
3. Une autre estimation des émissions de CO<sub>2</sub> de l'éclaircissement des forêts va de 9 à 14 Mt CO<sub>2</sub> par an (voir le chapitre 3), mais il est impossible de confirmer que cette hypothèse soit plus certaine.

Le tableau 8.1b résume les estimations du potentiel de séquestration pour des catégories qui ne sont pas encore reconnues comme des puits possibles par le Protocole de Kyoto, soit les sols agricoles, la forêt aménagée et la conservation des bassins de milieux humides. Les estimations concernant la forêt aménagée (ou la forêt qui est commercialement productive, accessible et non réservée) sont très incertaines. Il faudra examiner plus avant si la forêt aménagée est une source ou un puits pour étayer la position de négociation du Canada quant à l'inclusion éventuelle d'autres catégories forestières. Les impacts sur les milieux humides ne peuvent pas présentement être évalués en termes d'avantages sur le plan de la séquestration. Cependant, certaines zones riveraines de milieux



humides sur lesquelles une couverture permanente pourrait agir comme un puits sont des éléments actifs des paysages agricoles et ont été incluses dans les estimations.

En ce qui concerne les sols agricoles, les estimations du potentiel de séquestration du C résumées ci-dessous montrent d'importantes différences selon l'approche et la méthode adoptées. Par exemple, on a utilisé certaines hypothèses simplificatrices pour déterminer un potentiel brut de séquestration. Des résultats différents ont été obtenus avec les modèles. D'autres travaux de modélisation sont en cours et déboucheront encore sur des estimations différentes. Il demeure cependant que les sols ont le potentiel de constituer un puits du carbone s'ils sont gérés adéquatement, c'est-à-dire d'une manière qui soit empêche la perte de carbone organique du sol ou en accroît la teneur jusqu'à un nouvel équilibre. Les estimations présentées ici donnent une indication de ce que pourraient être les pratiques les plus prometteuses en matière de renforcement des puits. De toute évidence, ce sont les terres labourables qui offrent le plus fort potentiel de séquestration par l'utilisation de systèmes de travail réduit ou nul du sol, et la réduction de la jachère.

La conservation des sols et des écosystèmes de milieux humides est justifiée par leur capacité actuelle de séquestrer le carbone et le risque qu'ils ne deviennent des sources. On peut aussi conserver et renforcer les puits pour d'autres fins qui ne doivent pas être sous-estimées. Les impacts sur les émissions d'autres gaz à effet de serre (utilisation de combustibles, méthane et oxyde nitreux qui font partie des sources et puits biologiques) n'ont pas été estimés par la Table et pourraient compenser certains gains pour les deux catégories de l'agriculture et des milieux humides.

**Tableau 8.1b Résumé du potentiel de séquestration du CO<sub>2</sub> d'activités actuellement non incluses dans le Protocole**

Activité/Catégorie	2008-2012 (Mt CO <sub>2</sub> )	2013-2017 (Mt CO <sub>2</sub> )	2018-2022 (Mt CO <sub>2</sub> )
<b>FORÊT AMÉNAGÉE MSQ<sup>1</sup></b>	11	n.d.	n.d.
<b>Sols agricoles :</b>			
-Modèle CENTURY MSQ (terres labourables)	1,6	n.d.	n.d.
-Avec incitatifs <sup>2</sup> :			
Terres labourables (trav. réd./nul)	18,3	18,1	n.d.
Gestion des pâturages	0,7	2,5	
Conv. terres marg. (en prairies)	2,2	2,2	
Milieux humides riverains	2,9	2,9	
<i>Sous-total <sup>3</sup></i>	24	25	
<b>Bassins de milieux humides</b>	n.d.	n.d.	n.d.

n.d. : non disponible

MSQ : maintien du statu quo (pas de nouvelles actions)

1. Si la forêt aménagée était incluse, la comptabilisation serait probablement différente (approche nette/nette plutôt que brute/nette). Cette estimation de 11 Mt est entachée de beaucoup d'incertitude.
2. Ce sont des potentiels de séquestration bruts (d'autres terres pourraient être des sources de CO<sub>2</sub>), qui n'incluent pas les impacts sur les émissions de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O.
3. Les totaux ont été arrondis.

La Table a connu des difficultés d'analyse dues aux grandes incertitudes entourant les négociations internationales encore en cours sur les questions de méthodologie liées à l'affectation des terres, au changement d'affectation des

terres et à la foresterie. À l'heure actuelle, les estimations quantitatives pour le Canada de la contribution nette possible des émissions par les sources et de l'absorption par les puits ne peuvent être données que sous la forme de plages de possibilités. C'est pourquoi la Table des puits recommande de faire preuve d'une extrême prudence en tentant d'interpréter les estimations fournies dans le présent rapport et de les utiliser dans l'exercice national de compilation des mesures et de modélisation.

L'analyse des mesures/interventions présentée ici fournit un bon point de départ pour des travaux ultérieurs. Ce sont les secteurs forestier et agricole qui sont le mieux placés pour la mise en œuvre de mesures dans leurs domaines respectifs. Il est recommandé d'effectuer des recherches et des travaux sur la méthodologie pour mieux comprendre les processus en jeu dans les flux du carbone, améliorer la qualité des données et des estimations des émissions et absorptions dans les domaines de la foresterie, de l'agriculture et des milieux humides. Enfin, les exigences de déclaration pour les puits liés au changement d'utilisation des terres et à la foresterie ne peuvent pas être respectées avec les informations et modèles d'inventaires présentement disponibles au Canada. Il faudra investir considérablement dans la recherche et la collecte d'information pour pouvoir fournir, sur le plan international, des estimations des changements vérifiables dans les stocks de carbone. Ces initiatives doivent être entreprises le plus tôt possible.

## RÉFÉRENCES

### Chapitre 3 – Options de séquestration du carbone par la foresterie et le changement d'affectation des terres

- L'Association canadienne de pâtes et papiers. 1998. Potential impact of forestry initiatives on Canada's carbon balances: A Position Paper of the CPPA. Unpublished document, Version 3-4, 4/12/98. Montreal, Canada. 40 pp.
- Conseil canadien des ministres des Forêts (CCFM). 1996. *Régénération forestière au Canada, 1975-1992*. Programme national de données sur les forêts, Service canadien des forêts, Ressources naturelles Canada, Ottawa, Ontario. 40 p.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 1997. *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Three volumes. Houghton, J.T., Meira Filho, L.G., Lim, B., Tréanton, K., Mamaty, I., Bonduki, Y., Griggs, D.J., and B.A. Callander, eds. Intergovernmental Panel on Climate Change, Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) and the International Energy Agency (IEA).
- Kort, J. 1999. Communication personnelle avec John Kort. Agriculture et agro-alimentaire Canada, Administration du rétablissement agricole des Prairies, Indian Head, Saskatchewan. Tel. (306) 695-2284.
- Kurz, W.A., and M.J. Apps. 1999. "A 70-year retrospective analysis of carbon fluxes in the Canadian forest sector." *Ecological Applications* 9(2): 526-547.
- Lemprère, T., and D. Booth. 1998. *Preliminary Estimates of carbon stock changes in 2008-2012 resulting from reforestation, afforestation and deforestation activity in Canada since 1990*. Draft. Prepared for Canadian Forest Service. 12pp and appendices.
- Price, D.T., Halliwell, D.H., Apps, M.J., Kurz, W.A. and S.R. Curry. 1997. *Comprehensive assessment of carbon stocks and fluxes in a Boreal-Cordilleran forest management unit*. *Revue canadienne de la recherche forestière* 27: 2005-2016.
- Robinson, D.C.E., Kurz, W.A., and C. Pinkham. 1999. *Estimating the Carbon Losses from Deforestation in Canada*. Prepared for Sinks and Forest Sector Tables. ESSA Technologies Ltd. March.
- Sellers, P. and M. Wellisch. 1998. "Greenhouse Gas Contribution to Canada's Land-Use Change and Forestry Activities: 1990-2010." Final Draft. According to the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Guidelines for Land-Use Change and Forestry. Description of IPCC LUCF Worksheets. Prepared by MWA Consultants. Prepared for Environment Canada, Environmental Protection Service, Pollution Data Branch, Greenhouse Gas Division, Hull, Quebec. 109 pp. and appendices.
- Skog, K.E., and G.A. Nicholson. 1998. Carbon Cycling through wood products: the role of wood and paper products in carbon sequestration. *For. Prod. J.* 48: 75-83.
- Sohnngen, B. L. and R. W. Haynes. 1997. The potential for increasing carbon storage in United States unreserved timberlands by reducing forest fire frequency: An economic and ecological analysis. *Climate change* 35: 179-197.
- Statistique Canada. 1992. Profil agricole du Canada. In : *Recensement de l'agriculture de 1991*. Ottawa. Catalogue No.93-35.
- Statistique Canada. 1997. Profil agricole du Canada. In : *Recensement de l'agriculture de 1996*. Ottawa. Catalogue No.93-356-KPB.
- Turnock, B. 1999. "The Potential of the Prairie Shelterbelt Program to Sequester Carbon and Mitigate Greenhouse Gas Emissions." A paper produced for the Agriculture Issue Table by Prairie Farm Rehabilitation Administration, Indian Head, Saskatchewan.

Tyrchniewicz, E., R. Gray, J. Holzman and A. Tyrchniewicz. 1999. *Assessing Policy Options for Reducing Deforestation Due to Agricultural Land-Clearing*. Prepared for Sinks and Forest Sector Tables. International Institute for Sustainable Development Business Trust. June.

UNFCCC Secretariat. 1998. Methodological Issues: Issues related to land-use change and forestry. Note by the secretariat of the Framework Convention on Climate Change (FCCC), Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice. United Nations, Eight Session, Bonn, 2-12 June, 1998. Item 6(b) of the provisional agenda. May, 1998. Ref: FCCC/SBSTA/1998/INF.1.

#### Chapitre 4 – Catégorie des sols agricoles

Acton, D.F. et L.J. Gregorich (s.d.). 1995. *La santé de nos sols*. Centre de recherche sur les terres et les ressources biologiques, Direction générale de la recherche, Agriculture et Agroalimentaire Canada. Publication 1906/F.

Adams, Barry. Range Management Specialist, Alberta Public Lands, Lethbridge, Alberta; Personal Communication.

Bennett, J. 1999a. Suggested Options to Enhance Best Management Adoption Rates. Submission to the National Sinks Table. July.

Bennett, J. 1999b. Communication personnelle avec John Bennett, President, Saskatchewan Soil Conservation Association, Biggar, Saskatchewan. Tel. (306) 948-2852.

Bertrand, R. 1999. Communication personnelle avec Ron Bertrand, Director of Resource Management Branch, B.C. Agriculture, Abbotsford, B.C. Tel. (604) 556-3103.

Bonneau, M., and L. Townley-Smith. 1999. Prairie Farm Rehabilitation Administration data from the Western Grain Transportation Payout Program Remote Sensing Data Base, Regina, Saskatchewan. 1994.

Bruce, J.P., Frome, M., Haites, E., Janzen, H., Lal, R. and K. Paustian. 1998. Carbon Sequestration in Soils. Soil and Water Cons. Soc., Calgary. 31 pp.

Canadian Conservation Cover Program (CCCP). 1999. Concept Proposal sponsored by the North American Waterfowl Management Plan Prairie Habitat Joint Venture Land Use Committee.

Chekay, D. 1999. Communication personnelle avec Doug Chekay, Director of Public Policy, Ducks Unlimited Canada, Regina, Saskatchewan. Tel. (306) 569-0424.

Cole, C. V., Flach, K., Lee, J., Sauerbeck, D., and B. Stewart. 1993. Agricultural sources and sinks of carbon. Water, Air and Soil Pollution 70: 111-122.

Cole, C. V., Duxbury, J., Freney, J., Heinemeyer, O., Minami, K., Mosier, A., Paustian, K., Rosenberg, N., Sampson, N., Sauerbeck, D., and Q. Zhao. 1997. Global estimates of potential mitigation of greenhouse gas emissions by agriculture. Nutrient Cycling in Agroecosystems 49: 221-228.

Daigle, J.-L. 1999. Communication personnelle avec Jean-Louis Daigle, Director, Eastern Canada Soil and Water Conservation Centre, St-Andre, New Brunswick. Tel. (506) 475-4040.

Daynard, T. 1999. Communication personnelle avec Terry Daynard, Ontario Corn Producers Association, Tel. (519) 837-1660.

Doris, P. 1999. Communication personnelle avec Peter Doris, Directeur exécutif, Ontario Cattle Commission, Guelph, Ontario. Tel. (519) 824-0334.

Feller, C., and M. H. Beare. 1997. Physical control of soil organic matter in the tropics. Geoderma 79:69-116.

Global Change Strategies International Inc. (GCSI). 1999. Soil Carbon Sinks Potential in Key Countries, Final Report for the National Climate Change Sinks Issue Table. Ottawa, Ontario, 14 May. 67pp.

Goddard, T. 1999. Carbon Sequestration Costs of Conservation Tillage – First Approximation for Alberta. AAFRD, Edmonton.

Grant, G. 1999. Communication personnelle avec Gordon Grant, Environment Management Specialist, Ontario Ministry of Agriculture, Food & Rural Affairs (OMAFRA), Guelph, Ontario. Tel. (519) 826-3100.

Ellert, B.H. and H. H. Janzen. 1996. Soil Sampling procedure to estimate changes in carbon storage. Project No. 1113-9301 (MII #34), Agriculture et agro-alimentaire Canada Research Centre, Lethbridge, Alberta.

Hass, G. 1999. Communication personnelle avec Glenn Hass, Soil Conservation Council of Canada. Tel. (306) 955-1992.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 1996. *Climate Change 1995*. W.G. I. Houghton, J. et al, eds., W.G. II Watson, R. et al, eds., and W.G. III Bruce, J. et al., eds. Cambridge University Press. 572pp, 877pp and 448 pp.

Jacques Whitford Environment Limited, University of Saskatchewan. 1999. Report to Public Works and Government Services Canada on Assessing Options for Measuring and Monitoring Verifiable Changes in C Stocks in Agricultural Soils. For the Sinks Table. April.

Janzen, H., Desjardins, R.L., Asselin, J.M.R. et B. Grace. 1999. *La santé de l'air que nous respirons : vers une agriculture durable au Canada*. Direction générale de la recherche, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ottawa, Ontario. Publication 1981/F. 98pp.

Janzen, H. 1999. Communication personnelle avec Henry Janzen, Agriculture et agro-alimentaire Canada, Centre de recherche, Lethbridge, Alberta.

Jacques, A.P., Neitzert, F. et P. Boileau. 1997. *Tendances des émissions de gaz à effets de serre au Canada, 1990-1995*. Direction des données sur la pollution, Environnement Canada, Hull, Québec. Avril.

Lal, R., and T.J. Logan. 1997. Agricultural activities and greenhouse gas emissions from soils of the tropics in: Lal, R., Kimble, J., Levine, E., and B. A. Stewart, eds. *Soil management and greenhouse effect. Advances in Soil Science*. CRC Press.

Lal, R., Kimble, J. M., Follett, R. F. and C.V. Cole. 1998. *The potential of U.S. cropland to sequester carbon and mitigate the greenhouse effect*. Sleeping Bear Press Inc.

Lal, R., and J. P. Bruce. 1999. The potential of world cropland soils to sequester C and mitigate the greenhouse effect. *Environmental Science and Policy 2 (1999)*:177-185.

Lapointe, M. 1999. Communication personnelle avec Mario Lapointe, Direction de l'environnement et du développement durable, Ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation (MAPAQ), Québec, Québec. Tel. (418) 528-7242.

McConkey, B.G., Liang, B.C., and C.A. Campbell. 1999. Estimating gains of carbon over 15-yr period due to changes in fallow frequency, tillage system and fertilization practices for the Canadian Prairies (an Expert Opinion). Agriculture et agro-alimentaire Canada Research Centre, Swift Current, Saskatchewan.

McKell, D. 1999. Communication personnelle avec Doug McKell, Executive Director, Saskatchewan Soil Conservation Association, Indian Head, Saskatchewan. Tel. (306) 695-4234.

Mitchell, P. 1999. Communication personnelle avec Pam Mitchell, Executive Director, Saskatchewan Stock Growers Association, Saskatoon, Saskatchewan. Tel. (306) 757-8523.



Table des puits. 1998. Document de base de la Table des puits. Hull, Québec. Novembre.

Oldeman, L.R. 1994. The global extent of soil degradation in: Greenland, J.D., and I. Szaboles, eds. *Soil Resilience and Sustainable Land Use*. CAB International, Wallingford, U.K., pp. 99-118.

Poole, B. 1999. Communication personnelle avec Bill Poole, Agrologist, Ducks Unlimited, Oak Hammock Marsh, Manitoba. Tel. (204) 467-3274.

Saskatchewan Agriculture and Food. 1999. *Farm Facts: Crop Planning Guide 1999*. Sustainable Production Branch, Regina, Saskatchewan.

Sauerbeck, D. R. 1993. CO<sub>2</sub> emissions from agriculture: sources and mitigation potentials. *Water, Air and Soil Pollution* 70:381-388.

Smith, P., Powlson, D.S., Glending, M.J., and P.U. Smith. 1998. Opportunities and limitations for C sequestration in European agricultural soils through changes in management in: Lal, R., Kimble, J.M., Follett, R.M. and B.A. Stewart, eds. *Management of Carbon Sequestration in Soils*. CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 143-152.

Smith, W.N., Desjardins, R.L., and E. Pattey. 1999. The Net Flux of Carbon from Agricultural Soils in Canada 1970-2010. Submitted to *Global Change Biology*.

Statistique Canada. 1992. Profil agricole du Canada. In : *Recensement de l'agriculture de 1991*. Ottawa. Catalogue No.93-35.

Statistique Canada. 1997. Profil agricole du Canada. In : *Recensement de l'agriculture de 1996*. Ottawa. Catalogue No.93-356-KPB.

Strankman, P. 1999. Communication personnelle avec Peggy Strankman, Executive Director, Canadian Cattlemen's Association, Calgary, Alberta. Tel. (403) 275-8558.

Thomsen Corporation. 1999. Agriculture and Agri-Food Table Study No.3 Soil Nutrient Management Stage 1. Technical report. May 14, 1999.

Ward, B. 1999. Prairie Farm Rehabilitation Administration Permanent Cover Program Summary.

World Resources Institute. 1996. *A Guide to the Global Environment 1996-7*. Oxford University Press, 1996. 365 pp.

#### **Chapitre 5 – Mesure, surveillance et vérification des changements dans les stocks de carbone**

Jacques Whitford Environment Limited, University of Saskatchewan. 1999. Report to Public Works and Government Services Canada on Assessing Options for Measuring and Monitoring Verifiable Changes in C Stocks in Agricultural Soils. Prepared for the Sinks Table. April.

Kurz, W.A., and M.J. Apps. 1999. A 70-year retrospective analysis of carbon fluxes in the Canadian forest sector. *Ecological Applications* 9(2): 526-547.

Kurz, W.A., Apps, M.J., Webb, T.M. et P.J. McNamee. 1992. Le bilan du carbone du secteur des forêts du Canada : phase 1. Forêts Canada, Région du Nord, Rapport d'information NOR-X-326. 104 p.

Lowe, J.J., Power, K. et S.L. Gray. 1994. Inventaire des forêts du Canada 1991. Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Petawawa National Forestry Institute, Chalk River, Ontario. Rapport d'information PI-X-115.

McConkey, B. and W. Lindwall. 1999. Measuring Soil Carbon Stocks. A system for Quantifying and Verifying Change in Soil Carbon Stocks due to Changes in Management Practices on Agricultural Land. Agriculture et agro-alimentaire Canada, June. 4 pp.

Neitzert, F., Olsen, K. et P. Collas. 1999. Inventaire canadien des gaz à effet de serre, Émissions et absorptions de 1997 et tendances. Sous presse. Direction des données de la pollution, Environnement Canada.

Price, D.T., Halliwell, D.H., Apps, M.J., Kurz, W.A., and S.R. Curry. 1997. Comprehensive assessment of carbon stocks and fluxes in a Boreal-Cordilleran forest management unit. *Revue canadienne de la recherche forestière* 27: 2005-2016.

## Chapitre 6 – Conservation des milieux humides

Acton, D.F. et L.J. Gregrich (s.d.). 1995. *La santé de nos sols*. Centre de recherche sur les terres et les ressources biologiques, Direction générale de la recherche, Agriculture et agro-alimentaire Canada. Pub. 1906/F, Ottawa.

Alm, J., Schulman, L., Walden, J., Nykänen, H., Martikainen, P.J., and J. Silvola. 1999. Carbon balance of a boreal bog during a year with an exceptionally dry summer. *Ecology* 80(1):161-174.

Armentano, T.V., and E.S. Menges. 1986. Patterns of change in the carbon balance of organic-soil wetlands of the temperate zone. *Journal of Ecology* 74:755-774.

Ballard, M. 1998. Personal communication. PoleStar Geomatics unpublished data.

Bartlett, K.B., and R.C. Harriss. 1993. Review and assessment of methane emissions from wetlands. *Chemosphere* 26:261-320.

Brix, H., Sorrell, B.K., and H.H. Schierup. 1996. Gas fluxes achieved by *in situ* convective flow in *Phragmites australis*. *Aquatic Botany* 54:151-163.

Bruce, J.P., Frome, M., Haites, E., Janzen, H., Lal, R., and K. Paustian. 1998. Carbon Sequestration in Soils. Soil and Water Cons. Soc., Calgary. 31 pp.

Clymo, R.S., Turunen, J., and K. Tolonen. 1998. Carbon accumulation in peatland. *Oikos* 81:368-388.

Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R., Paruelo, J., Raskin, R., Sutton, P. and M. van den Belt. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387: 253-260.

Davidson, E.A. 1991. Fluxes of Nitrous Oxide and Nitric Oxide from Terrestrial Ecosystems. Chapter 12 in: *Microbial Production and Consumption of Greenhouse Gases: Methane, Nitrogen Oxides, and Halomethanes*. Rogers, John E., and William B. Whitman, eds. American Society for Microbiology, Washington, D.C., pp. 219-235.

Degooijer, H. 1997. Occurrence of Depressional Edge Salinity. Saskatchewan. Land Res. Centre, Univ. of Saskatchewan, Saskatoon.

Dumanski, J., Gregorich, L.J., Kirkwood, V., Cann, M.A., Culley, J.L.B. et D.R. Coote. 1991. *Le point sur l'aménagement des terres agricoles au Canada*. Centre de recherches sur les terres et les ressources biologiques, AAC. Pub. 1994-3F, Ottawa.

Environnement Canada. 1986. *Les milieux humides du Canada : une ressource à conserver*. Feuille d'information 86-4, Direction générale des terres, Ottawa, Ontario.

Euliss, N.H. Jr., Olness, A., and Gleason, R.A. 1999. Organic Carbon in Soils of Prairie Wetlands in the United States. Paper presented at The Carbon Sequestration Workshop, Oak Hammock Marsh, Manitoba, April 19-20, 1999.

- Freeman, C., Lock, M.A., and B. Reynolds. 1993. Fluxes of CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, and N<sub>2</sub>O from a Welsh peatland following simulation of water table draw-down: potential feedback to climate change. *Biogeochemistry* 19:51-60.
- Funk, D.W., Pullman, E.R., Peterson, K.M., Crill, P.M., and W.D. Billings, 1994. Influence of water table on carbon dioxide, carbon monoxide, and methane fluxes from taiga bog microcosms. *Global Biogeochemical Cycles* 8(3):271-278.
- Goldsborough, L.G. 1999. Delta Marsh sediment cores taken Feb. 1999. Unpublished data. Department of Botany, University of Manitoba, Winnipeg, Manitoba.
- Gorham, E. 1991. Northern peatlands: role in the carbon cycle and probable responses to climatic warming. *Ecological Applications* 1(2): 182-195.
- Groffman, P.M. 1991. Ecology of Nitrification and Denitrification in Soil Evaluated at Scales Relevant to Atmospheric Chemistry. Chapter 11 in *Microbial Production and Consumption of Greenhouse Gases: Methane, Nitrogen Oxides, and Halomethanes*. Rogers, John E., and William B. Whitman, eds. American Society for Microbiology, Washington, D.C.. pp. 201-217.
- Groffman, P., and M. Taylor. 1996. Non-Tidal Wetlands. Chapter 6 in *Climate Change 1995: Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analyses*. Watson, R. T., Zinyowera, M. C. and R. H. Moss, eds. Cambridge University Press, Cambridge, UK., pp. 217-234.
- Hengeveld, H., and P. Beaulieu. 1999. Report of the Carbon Flux Experts Meeting. Unpublished. Downsview, 18-19 April 1999.
- Houghton, J.T. 1990. Greenhouse Gases and Aerosols in: *Climate Change: The IPCC Scientific Assessment*. Report prepared for IPCC by Working Group I. Houghton, J.T., Jenkins, G.J., and J.J. Ephraums, eds. Cambridge University Press, New York, pp. 5-39.
- Janzen, H.H., Campbell, C.A., Izaurrealde, R.C., Ellen, B.H., Juma, N., McGill, W.B., and R.P. Zentner. 1998. Management effects on soil C storage on the Canadian prairies. *Soil and Tillage Research* 47:181-195.
- Kasimir-Klemmedtsson, E., Klemmedtsson, L., Berglund, K., Martikainen, P.J., Silvola, J., and O. Oenema. 1997. Greenhouse gas emissions from farmed organic soils, a review. *Soil Use and Management* 13:2245-250.
- King, G.M. 1990. Regulation by light of methane emissions from a wetland. *Nature* (London) 345:513-515.
- Kort, J. and B. Turnock. 1997. The effect of shelterbelts and agroforestry practices on carbon dioxide emissions and carbon reservoirs. A farm-scale study for prairie agriculture. *PFRA Shelterbelt Centre Supplementary Report 97-2*. Indian Head, Saskatchewan. 17 pp.
- Martikainen, P.J., Nykänen, H., Crill, P.M., and J. Silvola. 1993. Effect of a lower water table on nitrous oxide fluxes from northern peatlands. *Nature* 366:51-53.
- Moore, T.R., Roulet, N.T. and J.M. Waddington. 1998. Uncertainty in predicting the effect of climatic change on the carbon cycle of Canadian peatlands. *Climatic Change* 40:229-245.
- Patterson, J. 1999. *Wetlands and Climate Change: Feasibility investigation of giving credit for conserving wetlands as carbon sinks*. Wetlands International Special Publication 1-1999, Ottawa, Canada.
- Patterson, J. H. 1994. The North American Waterfowl Management Plan and Wetlands for the Americas programmes: a summary. *Ibis* 137: S215-S218.
- Patterson, J. H. 1993. Trade liberalization, agricultural policy, and wildlife: Reforming the Landscape in: Anderson, T. L., ed. *NAFTA and the Environment*: 61-68. San Francisco, Calif.: Pacific Research Institute for Public Policy.

Raich, J.W., and C.S. Potter. 1995. Global patterns of carbon dioxide emissions from soils. *Global Biogeochemical Cycles* 9(1):23-36.

Reeburgh, W.S., Whalen, S.C., and M.J. Alperin. 1993. The role of microbially-mediated oxidation in the global CH<sub>4</sub> budget in: Murrell, J.C., and D.P. Kelley, eds. *Microbiology of C<sub>1</sub> Compounds*. Intercept, Andover, U.K., pp. 1-14.

Regina, K., Nykänen, H., Maljanen, M., Silvola, J. and P.J. Martikainen. 1998. Emissions of N<sub>2</sub>O and NO and net nitrogen mineralization in a boreal forested peatland treated with different nitrogen compounds. *Journal canadien de recherche forestière* 28:132-140.

Rogers, J.E., and W.B. Whitman. 1991. Introduction. Chapter 1 in: *Microbial Production and Consumption of Greenhouse Gases: Methane, Nitrogen Oxides, and Halomethanes*. Rogers, John E. and William B. Whitman, eds. American Society for Microbiology, Washington, D.C., pp. 1-6.

Roulet, N., Ash, R., Quinton, W., and T. Moore. 1993. Methane flux from drained northern peatlands: Effect of a persistent water table lowering on flux. *Global Biogeochemical Cycles* 7(4):749-769.

Schimel, D., Alves, D., Enting, I., Heimann, M., Joos, F., Raynaud, R., Wigley, T., Prather, M., Derwent, R., Ehhalt, D., Fraser, P., Sanhueza, E., Zhou, X., Charlson, R., Rodhe, H., Sadasivan, S., Shine, K.P., Fouquart Y., Ramaswamy, V., Solomon, S., Srinivasan, J., Albritton, D., Isaksen, I., Lal, M. and D. Wuebbles. 1995. Radiative forcing of climatic change in: Houghton, J.T., Meira Filho, L.G., Callander, B.A., Harris, N., Kattenberg, A. and K. Maskell, eds. *Climate Change 1995*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 69-131.

Schlesinger, W.H. 1997. *Biogeochemistry: An Analysis of Global Change*. Second Edition. Academic Press, New York. 588 pp.

Svejcar, T. 1997. Riparian Zones: 1) What are they and how do they work? *Rangelands* 19(4), 4-7.

Tyrchniewicz, A. and A. Wilson. 1994. *Sustainable Development for the Great Plains - Policy Analysis*. International Institute for Sustainable Development, Winnipeg, Canada.

U.S. Department of Energy. 1999. *Carbon Sequestration: State of the Science*. A working paper for roadmapping future carbon sequestration R&D.

Wang, Z.P., Crozier, C.R., and W.H. Patrick Jr. 1995. Methane emission in a flooded rice soil with and without algae. Chapter 20 in: Lal, W., Kimble, J., Levnie, E. and B.E. Stewart. eds. *Soil Management and Greenhouse Effect*. CRC Press Inc, Boca Raton., pp. 245-250.

## **Chapitre 7 - Séquestration du carbone aux termes des mécanismes du Protocole de Kyoto et autres mécanismes de crédit et d'échange possibles**

Australia, Canada, Iceland, Japan, New Zealand, Norway, the Russian Federation, Ukraine, and the United States. 1999. Non-paper on the Clean Development Mechanism. Paper no. 1b in UNFCCC. *Principles, modalities, rules and guidelines for the mechanisms under Articles 6, 12, and 17 of the Kyoto Protocol. Submissions from Parties*. FCCC/SB/1999/MISC.3/Add.1.

Austria (on behalf of the European Community and its member States, and Bulgaria, Croatia, Czech Republic, Estonia, Hungary, Latvia, Lithuania, Poland, Romania, Slovakia, Slovenia, and Switzerland). 1998. Non-paper on the Clean Development Mechanism (CDM). Paper no. 1 in UNFCCC. *Matters related to Decision 1/CP.3 Paragraph 5: Article 6 of the Kyoto Protocol, Article 12 of the Kyoto Protocol (Clean Development Mechanism), Article 17 of the Kyoto Protocol (International Emissions Trading), Activities Implemented Jointly. Compilation of submissions by Parties*. FCCC/CP/1998/MISC.7.

Chacon, C., R. Castro, and S. Mack. 1998. Pilot phase joint implementation projects in Costa Rica: A case study. In Goldberg, D., et al. *Carbon conservation: Climate change, forests and the Clean Development Mechanism*. Washington, D.C., Center for International Environmental Law, CEDARENA.

Credit for Early Action Table. 1999. *Report of the Credit for Early Action Table*. National Climate Change Process.

International Energy Agency. 1999. IEA analyzes EU 'Concrete Ceiling' Proposal. 1999. *Global Environmental Change Report XI* (11): 1-2.

Japan. 1998a. Non-paper on design for the Clean Development Mechanism. Paper no. 5 in UNFCCC. *Matters related to Decision 1/CP.3 Paragraph 5: Article 6 of the Kyoto Protocol, Article 12 of the Kyoto Protocol (Clean Development Mechanism), Article 17 of the Kyoto Protocol (International Emissions Trading), Activities Implemented Jointly. Compilation of submissions by Parties*. FCCC/CP/1998/MISC.7.

Japan. 1998b. Non-paper on guidelines for the implementation of projects under Article 6 of the Kyoto Protocol. Paper no. 4 in UNFCCC. *Matters related to Decision 1/CP.3 Paragraph 5: Article 6 of the Kyoto Protocol, Article 12 of the Kyoto Protocol (Clean Development Mechanism), Article 17 of the Kyoto Protocol (International Emissions Trading), Activities Implemented Jointly. Compilation of submissions by Parties*. FCCC/CP/1998/MISC.7.

Kurz, W.A. 1999. Assessing options for measurement of verifiable changes in carbon stocks from reforestation, afforestation and deforestation and other potential forestry activities. Final report. Prepared by ESSA Technologies Ltd., Vancouver, B.C. for National Sinks Issues Table. 42 pp.

LeBlanc, A. 1999. Issues related to including forestry-based offsets in a GHG emissions trading system. *Environmental Science and Policy* 2. pp. 199-206.

Moura, C.P, and C. Wilson. *An equivalence factor between CO<sub>2</sub> avoided emissions and sequestration – Description and application in forestry*. In press. Ecoscurities Ltd.

No buyers yet for Costa Rican offsets. 1998. *Global Environmental Change Report X*(15): 7.

U.S. Environmental Protection Agency, Office of Policy. 1998. *Activities implemented jointly: Third report to the Secretariat of the United Nations Framework Convention on Climate Change*. EPA 236-R-98-003 (Volume 1) and EPA 236-R-98-004 (Volume 2). Washington, DC: USEPA.

Uganda (on behalf of the African Group). 1998. African common position on the Clean Development Mechanism. In UNFCCC: *Matters related to Decision 1/CP.3 Paragraph 5: Article 6 of the Kyoto Protocol, Article 12 of the Kyoto Protocol (Clean Development Mechanism), Article 17 of the Kyoto Protocol (International Emissions Trading), Activities Implemented Jointly. Compilation of submissions by Parties*. FCCC/CP/1998/MISC.7/Add.2.

Convention-cadre sur les changements climatiques. 1998. *Exécution des engagements et application des autres dispositions de la convention*. Activités exécutées conjointement : examen des progrès accomplis dans le cadre de la phase pilote (Décision 5/CP.1). Deuxième rapport de synthèse sur les activités exécutées conjointement. CCCC/CP/1998/2.



## APPENDICES

**Appendice A - Membres de la Table nationale des puits**

<b><u>Nom</u></b>	<b><u>Titre et organisation</u></b>	<b><u>Téléphone/Fax/Courriel</u></b>
Art Jaques (coprésident)	Chef, Division de l'Inventaire des émissions de gaz à effet de serre, Environnement Canada	Tél. : (819) 994-3098 Fax : (819) 953-9542 art.jaques@ec.gc.ca
Tony Rotherham (coprésident)	Directeur, Terrains boisés Association canadienne des pâtes et papiers	Tél. : (514) 861-8829 Fax : (514) 866-3035 trotherham@coppa.ca
John Bennett	Directeur Saskatchewan Soil Conservation Association	Tél. : (306) 948-2852 Fax : (306) 948-2862 bennettj@sk.sympatico.ca
Marie Boehm	Directrice adjointe Centre d'études en agriculture, droit et environnement Université de la Saskatchewan	Tél. : (306) 966-4010 Fax : (306) 966-8413 boehm@duke.usask.ca
Dave Boulter	Directeur des services économiques et statistiques Service canadien des forêts Ressources naturelles Canada	Tél. : (613) 947-9076 Fax : (613) 947-7399 dboulter@nrcan.gc.ca
Doug Bradley	Directeur de la planification et du développement commercial Domtar	Tél. : (819) 725-6854 Fax : (819) 725-6820 dbradley@ebeddy.com
Michel Campagna	Ingénieur forestier Ministère des Ressources naturelles du Québec	Tél. : (418) 627-8646 poste 4161 Fax : (418) 643-5651 michel.campagna@mrn.gouv.qc.ca
Doug Chekay	Directeur des politiques publiques Canards illimité Canada	Tél. : (306) 569-0424 Fax : (306) 565-3699 d_chekay@ducks.ca
Louise Comeau	Directrice du Programme de protection du climat Fédération canadienne des municipalités	Tél. : (613) 241-5221 ext. 232 Fax : (613) 241-7440 lcomeau@fcm.ca
Terry Daynard	Vice-président directeur Association des producteurs de maïs de l'Ontario	Tél. : (519) 837-1660 Fax : (519) 837-1674 tdaynard@ontariocorn.org
Jim Farrell	Directeur, Affaires techniques Institut canadien des engrais	Tél. : (613) 230-2600 Fax : (613) 230-5142 jfarrell@cfi.ca
Tom Goddard	Ministère de l'Agriculture de l'Alberta	Tél. : (780) 427-3720 Fax : (780) 422-0474 tom.goddard@agri.gov.ab.ca
Paul Griis	Expert-conseil Pollution Probe	Tél. : (403) 678-9956 Fax : (403) 678-9414 pgriis@ns.expertcanmore.net
Steven Guilbeault	Organisateur de campagne sur le climat et l'énergie Greenpeace	Tél. : (514) 933-0021 Fax : (514) 933-1017 steven.guilbeault@diaib.greenpeace.org
Glen Hass	Directeur général Conseil de conservation des sols	Tél. : (306) 955-1992 Fax : (306) 955-5561 sia@sk.sympatico.ca

John Hastic	Expert-conseil principal Gemco	Tél. : (403) 225-1822 Fax : (403) 225-1284 valdrew@cadvision.com
Henry Hengeveld	Service de l'environnement atmosphérique Environnement Canada	Tél. : (416) 739-4323 Fax : (416) 739-4882 henry.hengeveld@ec.gc.ca
Henry Janzen	Chercheur scientifique Agriculture et Agroalimentaire Canada	Tél. : (403) 317-2223 Fax : (403) 382-3156 janzen@cm.agr.ca
Mark Johnston	Directeur des Programmes de sciences forestières Division des écosystèmes forestiers de la Saskatchewan Ministère des Forêts de la Saskatchewan	Tél. : (306) 953-2491 Fax : (306) 953-2360 johnston@derm.gov.sk.ca
Jean-Pierre Martel	Directeur, Questions stratégiques Weyerheuser Canada	Tél. : (604) 691-2462 Fax : (604) 691-2445 martelj.j@wdni.com
Ian May	Vice-président Conseil de l'industrie forestière	Tél. : (604) 684-0211 Fax : (604) 687-4930 may@cofiho.cofi.org
Nancy McInnis Leek	Ministère des Richesses naturelles de la Nouvelle-Écosse	Tél. : (902) 893-5749 Fax : (902) 893-6102 Nrmcinni@gov.ns.ca
Peter Murphy	Professeur émérite Université de l'Alberta	Tél. : (403) 459-1176 Fax : (403) 492-4323 Pmurphy@ualberta.ca
David Oxley	J.D. Irving	Tél. : (506) 632-7777 Fax : (506) 632-4421 forestry@jdirving.com
Jim Patterson	Partenaire principal Wetlands International - Amériques	Tél. : (613) 623-4453 Fax : (613) 623-0556 jpatterson@wetlands.org
Dave Spittlehouse	Climatologiste Ministère des Forêts de la Colombie-Britannique	Tél. : (250) 387-3453 Fax : (250) 387-0046 dave.spittlehouse@gems4.gov.bc.ca
Brian Stocks	Service canadien des forêts Ressources naturelles Canada	Tél. : (705) 759-5740 ext. 2181 Fax : (705) 759-5700 bstocks@nrcan.gc.ca
Garth Sundeen	Agent des politiques scientifiques Fédération canadienne de l'agriculture	Tél. : (613) 236-3633 Fax : (613) 236-5749 gsundeen@fox.nstn.ca
Michel Lesueur (commanditaire)	Conseiller en politique Ministère des Ressources naturelles du Québec	Tél. : (418) 627-6380 poste 8307 Fax : (418) 643-8337 michel.lesueur@mrn.gouv.qc.ca
Malcolm Wilson (commanditaire)	Directeur de la Division du développement énergétique Ministère de l'Énergie de la Saskatchewan	Tél. : (306) 787-2618 Fax : (306) 787-2333 malcolm.wilson@sem.gov.sk.ca

**Observateurs à la Table nationale des puits**

<b><u>Nom</u></b>	<b><u>Titre et organisation</u></b>	<b><u>Téléphone/Fax/Courriel</u></b>
Denis Angers	Centre de recherche sur les sols et les grandes cultures Agriculture et Agroalimentaire Canada	Tél. : (418) 657 7980 ext. 270 Fax : (418) 648 2402 angersd@em.agr.ca
Darcie Booth	Chef, Analyse de l'industrie et du commerce Service canadien des Forêts Ressources naturelles Canada	Tél. : (613) 947-9051 Fax : (613) 947-9020 dbooth@nrcan.gc.ca
Warren Calow	Expert-conseil Ministère des Forêts de la Colombie-Britannique	Tél. : (613) 830-0502 Fax : (613) 837-9021 warrencalow@hotmail.com
Pascale Collas	Ingénieur de projet Divisions de l'Inventaire des émissions des gaz à effet de serre Environnement Canada	Tél. : (819) 994-0888 Fax : (819) 953-9542 pascale.collas@ec.gc.ca
Muriel Constantineau	Analyste des relations multilatérales Division de l'Inventaire des émissions des gaz à effet de serre Environnement Canada	Tél. : (819) 997-5314 Fax : (819) 953-9542 muriel.constantineau@ec.gc.ca
Tony Lemprère	Économiste principal Service canadien des forêts Ressources naturelles Canada	Tél. : (604) 822-5466 Fax : (604) 822-6970 tlemprie@pfc.forestry.ca
Heather Lingley	Analyste principale des questions environnementales Agriculture et agroalimentaire Canada	Tél. : (613) 759-7278 Fax : (613) 759-7238 lingleh@em.agr.ca
Catherine McMullen	ACDI	Tél. : (613) 994-2363 Fax : (613) 953-3348 catherine_mcmullen@acdi-cida.gc.ca
Joanna Rosborough	Industrie Canada	Tél. : (613) 954-3047 Fax : (613) 952-8384 rosborough.joanna@ic.gc.ca
John Stone	Directeur général adjoint Service de l'environnement atmosphérique Environnement Canada	Tél. : (819) 997-3805 Fax : (819) 994-8854 john.stone@ec.gc.ca

**Appendice B – Études commandées par la Table des puits**

ArborVitae Environmental Services Ltd., Woodrising Consulting Inc., and Peter Duinker (1999). Benefits of Afforestation Programs in Ontario, Quebec and the Atlantic Provinces. (Préparé à l'intention de la Table des puits et de la Table du secteur forestier). Mars.

ArborVitae Environmental Services Ltd. and Woodrising Consulting Inc. (1999). Estimating the Carbon Sequestration Benefits of Reforestation in Eastern Canada. (Préparé à l'intention de la Table des puits et de la Table du secteur forestier). Juin.

DeMarsh, Peter (1999). Potential for Afforestation on Private Woodlots in Canada. Canadian Federation of Woodlot Owners. (Préparé à l'intention de la Table des puits et de la Table du secteur forestier). Juin.

Global Change Strategies International Inc. (GCSI) (1999). Soil Carbon Sinks Potential in Key Countries, Rapport final à l'intention de la Table nationale des puits relevant du Processus national du changement climatique. Ottawa, Ontario, Mai. 67 p.

ICF Consulting Canada, Inc. (1999). Carbon Sequestration and the Kyoto Mechanisms and Other Potential Crediting and Trading Mechanisms. (Préparé à l'intention de la Table des puits et de la Table du secteur forestier). Juillet.

Jacques Whitford Environment Limited, University of Saskatchewan (1999). Report to Public Works and Government Services Canada on Assessing Options for Measuring and Monitoring Verifiable Changes in C Stocks in Agricultural Soils. (Préparé à l'intention de la Table des puits). Avril.

Kurz, W.A. (1999). Assessing options for measurement of verifiable changes in carbon stocks from reforestation, afforestation and deforestation and other potential forestry activities. Rapport final préparé par ESSA Technologies. (Préparé à l'intention de la Table nationale des puits). Juin. 42 p.

Peterson, E.B., Bonner, G.M., Robinson, G.C., and N.M. Patterson (1999). Carbon Sequestration Aspects of an Afforestation Program in Canada's Prairie Provinces. Nawitka Renewable Resource Consultants Ltd. (Préparé à l'intention de la Table des puits et de la Table du secteur forestier). Mars.

Robinson, D.C.E., Kurz, W.A., and C. Pinkham (1999). Estimating the Carbon Losses from Deforestation in Canada. ESSA Technologies Ltd. (Préparé à l'intention de la Table des puits et de la Table du secteur forestier). Mars.

Robinson, G.C., Smith, S.M., and M.E. Walmsley (1999). Carbon Sequestration Aspects of an Afforestation Program in British Columbia, Canada. Nawitka Renewable Resource Consultants Ltd. (Préparé à l'intention de la Table des puits et de la Table du secteur forestier). Mars.

Robinson, G.C., Peterson, E.B., Smith, S.M., and G.S. Nagle (1999). Estimating the Carbon Sequestration Associated with Reforestation in Western Canada. Nawitka Renewable Resource Consultants Ltd. (Préparé à l'intention de la Table des puits et de la Table du secteur forestier). Juin.

Samson, R. P., Girouard, C. Zan, B. Mehdi, R. Martin, and J. Henning (1999). The Implications of Growing Short-Rotation Tree Species for Carbon Sequestration in Canada. Resource Efficient Agricultural Production (R.E.A.P.) Canada. (Préparé à l'intention de la Table des puits et de la Table du secteur forestier). Mars.

Tyrchniewicz, E., Gray, R., Holzman, J., and A. Tyrchniewicz (1999). Assessing Policy Options for Reducing Deforestation Due to Agricultural Land-Clearing. International Institute for Sustainable Development Business Trust. (Préparé à l'intention de la Table des puits et de la Table du secteur forestier). Juin.

Valdrew Environmental Services Ltd. (1999). Strategies for Encouraging the Adoption of Carbon Sequestering Practices for Agricultural Soils in Canada. Prepared for Environment Canada (Préparé à l'intention de la Table des puits). Mai.

Williams, J., and P. Griss (1999). Design and Implementation Options for a National Afforestation Program(s). ArborVitae Environmental Services Ltd. (Préparé à l'intention de la Table des puits et de la Table du secteur forestier). Avril.

Woodrising Consulting Inc. (1999). An Estimation of the Impact of Net Carbon Sequestration of Forest Management Including Wood Products Storage. (Préparé à l'intention de la Table des puits et de la Table du secteur forestier). Mai.



**Appendice C**

**Taux de séquestration des terres cultivables avec réduction du travail du sol ou sans travail du sol et réduction des terres cultivables laissées en jachère dans les prairies**  
**(tiré de McConkey *et al.*, 1999)**

**Travail du sol réduit/sans travail du sol**

Zone de sol	Brun/brun foncé	Bf m/noir fin	noir grossier	Gris foncé/Gris
Texture moyenne/mi incliné (en tonnes de CO <sub>2</sub> /ha/an)	0,73	1,34	1,34	1,46
% de terres labourables par zone de sol	(tiré de AAC, 1988; Marie Boehm, 1999, données du MCPPEA)			
Alberta	24,9%	29,1%	17,4%	28,6%
Saskatchewan	40,7%	32,3%	22,0%	5,0%
Manitoba		44,0%	48,0%	8,0%

Taux de séquestration mesurés					Taux par province
Alberta	0,18	0,39	0,23	0,42	1,22
Saskatchewan	0,30	0,43	0,29	0,07	1,10
Manitoba	0,00	0,59	0,64	0,12	1,35

On a estimé des proportions de terres labourables dans chaque zone de sol pour les zones de sol brun, brun foncé et noir au moyen du modèle MCPPEA.

Des données sur les sols brun, brun foncé, noir et gris figurent dans AAC, 1988.

Pour modifier les catégories de zone de sol figurant dans le tableau ci-dessus :

En supposant que :

pourcentages utilisés par le  
MCPPEA pour 1996.

Sol sec et brun foncé = 0,5\* brun foncé puis ajoutez la valeur du sol  
brun

Sol humide brun foncé = 0,5\* brun foncé puis ajoutez 0,5\*sol noir

Sol fin noir = 0,5\* noir

Sol grossier noir = 0,5\* noir

Sol gris = estimations de AAC, 1988.

Les estimations des zones de sol brun de texture moyenne ont été  
diminuées à l'échelle pour inclure les estimations de sol gris.

**Taux de séquestration dans le cas de la réduction des terres en jachère**

En supposant que les zones de sol brun/sec et brun foncé se prêtent davantage à la réduction des terres en jachère.

Le taux de séquestration par année des superficies visées par la réduction des terres en jachère selon McConkey = 0,4 tonnes C/ha/an (1 467 tonnes de CO<sub>2</sub>/ha/an).

D'après les méthodes de McConkey et en supposant que les agriculteurs passent d'une année sur deux à une année sur cinq :

gains en C = 0,4\* (0,8-0,5) =

0,12 tonnes C/ha/an

0,44 tonnes de CO<sub>2</sub>/ha/an

# Appendice D – Potentiel de séquestration du dioxyde de carbone dans les sols

	Terres labourables		Pâturages permanents	Terres dégradées - sol salin	Terres érodées	AMÉRIQUE DU SUD		Terres irriguées	AMÉRIQUE DU NORD ET CENTRALE		Terres totales	AFRIQUE		Terres totales	ASIE		Terres totales	EUROPE		Terres totales
	Conservation Travail du sol (Mt CO <sub>2</sub> /an)	Productivité accrue (Mt CO <sub>2</sub> /an)				Meilleure gestion (Mt CO <sub>2</sub> /an)	Rendite en blé (Mt CO <sub>2</sub> /an)		Rendite en riz (Mt CO <sub>2</sub> /an)	Rendite en blé (Mt CO <sub>2</sub> /an)		Rendite en riz (Mt CO <sub>2</sub> /an)	Rendite en blé (Mt CO <sub>2</sub> /an)		Rendite en riz (Mt CO <sub>2</sub> /an)	Rendite en blé (Mt CO <sub>2</sub> /an)		Rendite en riz (Mt CO <sub>2</sub> /an)	Rendite en blé (Mt CO <sub>2</sub> /an)	
AMÉRIQUE DU SUD																				
Argentine	8,8	20,0	28,7	4,1	3,1	65,3	65,3	26,1	195,8	52,2	457,0	65,3	783,4	65,3	1,109,8			65,3	1,109,8	
Brazil	10,2	37,1	37,5	0,4	3,9	11,0	90,2	36,1	270,6	72,2	631,4	90,2	1082,3	90,2	1,533,3			90,2	1,533,3	
Chili	0,8	3,2	2,7	0,5	3,4	0,5	11,0	4,4	33,1	8,8	77,3	11,0	132,5	11,0	187,7			11,0	187,7	
Pérou	0,7	2,7	5,5	0,0	5,9	0,6	15,3	6,1	45,9	12,2	107,1	15,3	183,6	15,3	260,1			15,3	260,1	
AMÉRIQUE DU NORD ET CENTRALE																				
Costa Rica	0,1	0,4	0,5	0,0	0,5	1,4	0,3	0,6	4,3	1,1	10,0	1,4	17,1	1,4	24,3			1,4	24,3	
Mexique	4,1	18,1	15,0	0,1	8,8	2,2	48,3	19,3	145,0	38,7	338,3	48,3	579,9	48,3	821,5			48,3	821,5	
Guatemala	0,3	1,3	0,5	0,0	1,0	0,0	3,2	1,3	9,5	2,5	22,2	3,2	38,1	3,2	53,9			3,2	53,9	
É.-U.	71,0	137,8	56,2	0,2	3,5	7,9	276,6	110,6	829,7	221,2	1,935,9	276,6	3,318,6	276,6	4,701,4			276,6	4,701,4	
AFRIQUE																				
Éthiopie	2,6	10,2	9,0	1,0	2,0	0,1	24,9	10,0	74,7	19,9	174,2	24,9	298,7	24,9	423,2			24,9	423,2	
Kenya	0,8	3,3	4,3	0,4	1,6	0,0	10,4	4,2	31,3	8,4	73,1	10,4	125,3	10,4	177,5			10,4	177,5	
Nigeria	5,9	23,8	8,1	0,1	4,2	0,1	42,1	16,8	126,3	33,7	294,7	42,1	505,2	42,1	715,6			42,1	715,6	
Afrique du Sud	2,3	9,7	16,4	0,2	8,4	0,5	37,4	15,0	112,3	30,0	262,1	37,4	449,4	37,4	636,6			37,4	636,6	
ASIE																				
Chine	17,6	70,4	80,7	0,6	3,9	18,1	191,4	76,6	574,2	153,1	1,339,7	191,4	2,296,6	191,4	3,253,5			191,4	3,253,5	
Inde	31,0	124,4	2,3	0,6	4,0	19,1	181,5	72,6	544,4	145,2	1,270,3	181,5	2,177,6	181,5	3,084,9			181,5	3,084,9	
Indonésie	5,1	22,7	2,4	1,2	8,3	1,7	41,4	16,6	124,3	33,1	290,0	41,4	497,1	41,4	704,2			41,4	704,2	
Japon	0,8	3,3	0,1	0,0	2,6	1,0	7,9	3,1	23,6	6,3	55,0	7,9	94,3	7,9	133,5			7,9	133,5	
Kazakhstan	6,5	25,9	37,6	0,0	7,6	0,8	78,5	31,4	235,5	62,8	549,6	78,5	942,1	78,5	1,334,6			78,5	1,334,6	
Thaïlande	3,8	15,2	0,2	0,1	2,3	1,7	23,3	9,3	69,8	18,6	162,9	23,3	279,3	23,3	395,7			23,3	395,7	
Turquie	5,1	20,2	2,5	0,1	6,4	1,5	35,8	14,3	107,4	28,6	250,5	35,8	429,5	35,8	608,4			35,8	608,4	
AUSTRALASIE																				
Australie	12,1	34,2	84,1	0,6	1,0	0,9	132,9	53,2	398,7	106,3	930,4	132,9	1,595,0	132,9	2,259,5			132,9	2,259,5	
Fidji	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,1	0,9	0,2	2,0	0,3	3,4	0,3	4,8			0,3	4,8	
Nouvelle-Zélande	1,8	2,8	2,7	0,0	0,1	0,1	7,6	3,0	22,8	6,1	53,1	7,6	91,1	7,6	129,0			7,6	129,0	
EUROPE																				
Allemagne	4,3	8,8	1,2	0,0	0,5	0,2	15,0	6,0	44,9	12,0	104,8	15,0	179,6	15,0	254,4			15,0	254,4	
Italie	4,3	8,7	1,0	0,0	0,3	1,0	15,4	6,1	46,1	12,3	107,5	15,4	184,3	15,4	261,1			15,4	261,1	
Phys-Bas	0,3	0,7	0,3	0,0	0,0	0,2	1,5	0,6	4,4	1,2	10,3	1,5	17,7	1,5	25,1			1,5	25,1	
Norvège	0,3	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	1,0	3,1	0,8	7,3	1,0	12,5	1,0	17,7			1,0	17,7	
Russie	24,4	97,7	15,7	0,0	0,6	2,0	140,4	56,2	421,3	112,3	983,0	140,4	1,685,1	140,4	2,387,3			140,4	2,387,3	
Ukraine	6,3	25,3	1,5	0,0	0,2	1,0	34,3	13,7	102,9	27,5	240,2	34,3	411,8	34,3	583,3			34,3	583,3	
Royaume-Uni	2,1	4,7	2,6	0,0	0,7	0,0	10,1	4,1	30,4	8,1	71,0	10,1	121,7	10,1	172,4			10,1	172,4	

ESTIMATIONS CANADIENNES Section 4.1 Rapport sur les options\*

24

Mt = 1 million de tonnes métriques Source: GCSSI (1999) à l'exception des estimations canadiennes\*

\*Rapport sur les options, section 4.1 (potentiel brut de séquestration, incluant les terres labourables, prairies, zones de milieux humides riverains, à l'exclusion des terres érodées).

### **Appendice E - Unités\***

Pj – pétagramme ( $10^{15}$  g) = Gt (gigatonne)

Tj – téragramme ( $10^{12}$  g) = Mt (million de tonnes métrique)

Gj – gigagramme ( $10^9$  g)

Mj – mégagramme ( $10^6$  g) = tonne (t)

kg – kilogramme ( $10^3$  g)

1 ha – 1 hectare = 10 000 m<sup>2</sup> (2,471 acres)

1 kilomètre carré – km<sup>2</sup> = 100 ha

Mha – million d'hectares

1 unité de masse de carbone (C) équivaut à 44/12 unités de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)

1 kg/m<sup>2</sup> = 10 t/ha

g C /m<sup>2</sup>/j = gramme de C par mètre carré par jour

\* En raison du recours à des diverses sources et mesures de références, tant scientifiques que générales, l'utilisation des unités figurant dans ce rapport n'est pas uniforme. Les résultats et les estimations sont présentés en Mt CO<sub>2</sub> comme il est d'usage courant dans le Processus national sur le changement climatique.